

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Michael J. Raschke-

**Vergleich der präklinischen Rettungssysteme von
Münster (Deutschland) und Enschede (Niederlande)
anhand nach Polytrauma verstorbenen Patienten der
Jahre 2007 bis 2009**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des *doctor medicinae*

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Spies, Max Christian
aus Aachen

2016

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c. Wilhelm Schmitz

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Dirk Wähnert
2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. Walter Stummer

Tag der mündlichen Prüfung: 25.04.2016

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Michael J. Raschke

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Dirk Wähnert

Koreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Walter Stummer

ZUSAMMENFASSUNG

Vergleich der präklinischen Rettungssysteme von Münster (Deutschland) und Enschede (Niederlande) anhand nach Polytrauma verstorbener Patienten der Jahre 2007 bis 2009

Spies, Max Christian

Die Zusammenarbeit zwischen Deutschland (D) und den Niederlanden (NL) im Bereich der Notfallrettung ist bisher gering entwickelt. Ursächlich ist das Nebeneinander eines notärztlichen (D) und eines nicht-notärztlichen (NL) Rettungssystems. Die vorliegende retrospektive Studie stellt die qualitativen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Systeme dar, um Aussagen über deren Leistungsfähigkeit zu treffen. Dazu wurden 111 später verstorbene Polytraumapatienten (ISS \geq 16) der Jahre 2007 - 2009 aus Münster und Enschede verglichen.

Die Auswertung der Einsatzparameter ergab, dass in beiden Ländern die für das Therapieergebnis wichtige *golden hour* eingehalten wurde. In Deutschland überwog bei der Rettung die Nutzung von Notarzteinsatzfahrzeugen (48,7%) und Rettungshubschraubern (48,7%). Auf niederländischer Seite wurden hingegen zu fast 70% *ambulances* ohne Notarzt eingesetzt. Ob das Einbeziehen eines Notarztes in die präklinische Behandlung einen positiven Einfluss auf das Überleben des Patienten hat, konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Um die Schwere der Verletzungen objektiv einzuschätzen, wurden Traumascores angewandt. Die Ergebnisse der GCS und des RTS am Unfallort zeigten keine signifikanten Differenzen. Der Median des ISS lag in Münster (36) über dem in Enschede (25). Dadurch wurde mittels TRISS eine höhere Überlebenschance für Patienten aus Enschede (49,1%) im Vergleich zu denen aus Münster (13,1%) ermittelt. Allerdings ist zu beachten, dass Scores lediglich eine Tendenz zeigen und keine individuelle Prognosestellung erlauben.

Aufgrund einer geringen Kollektivgröße, länderspezifischer Scoreerhebungen sowie Dokumentationsmängeln ist eine abschließende Evaluation der präklinischen Versorgungsqualität nicht möglich. Dennoch kann diese Studie nach Behebung der Limitationen als Wegbereiter für folgende angesehen werden und somit zukünftig eine bessere Zusammenarbeit innerhalb eines geeinten Europas ermöglichen.

Tag der mündlichen Prüfung: 25.04.2016

Erklärung

Ich gebe hiermit die Erklärung ab, dass ich die Dissertation mit dem Titel:

Vergleich der präklinischen Rettungssysteme von Münster (Deutschland) und
Enschede (Niederlande) anhand nach Polytrauma verstorbener Patienten der Jahre
2007 bis 2009

in der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des
Uniklinikums Münster

unter der Anleitung von

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dirk Wähnert

1. selbstständig angefertigt,
2. nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegeben Arbeiten angefertigt
und sonst kein anderes gedrucktes oder ungedrucktes Material verwendet,
3. keine unerlaubte fremde Hilfe in Anspruch genommen,
4. sie weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung einer in- oder
ausländischen Fakultät als Dissertation, Semesterarbeit, Prüfungsarbeit, oder
zur Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt habe.

Ort, Datum

Name (in Druckbuchstaben)

Unterschrift

Meinen Eltern, Margaret und Bernhard

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand an der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Uniklinikums Münster.

An dieser Stelle möchte ich mich daher ganz besonders bei dem Direktor der Klinik

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Michael J. Raschke

für die freundliche Überlassung des Themas und bei

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dirk Wähnert

für die Korrektur der Dissertation bedanken.

Mein besonderer Dank und Respekt gilt

Herrn Dr. med. Christian Juhra

aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie und

Herrn Rolf Egberink M.Sc.

aus dem Medisch Spectrum Twente Enschede

für die Anleitung zur Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit, die ausgezeichnete Betreuung und die hilfreichen, anregenden und motivierenden Diskussionen.

Weiterhin danke ich

Herrn Prof. Dr. A. B. van Vugt

aus dem Medisch Spectrum Twente Enschede

für viele fachkundige Korrekturvorschläge,

Herrn Dr. med. Andreas Bohn und Herrn Dirk Schwichtenhövel

von der Feuerwehr Münster

für die freundliche Unterstützung bei der Vervollständigung der Datensammlung und

Herrn Akad. Rat. Dr. rer. nat. Joachim Gerß, Dipl.-Stat.

vom Institut für Biometrie und Klinische Forschung

für sein großes Engagement bei der statistischen Aufbereitung und Auswertung des Datensatzes.

Ein herzliches Dankeschön gilt meiner Freundin Hannah, meinen Eltern und Geschwistern sowie meiner Tante, die mir immer geduldig und hilfreich zur Seite standen. Ohne Eure Unterstützung wäre ein erfolgreicher Abschluss dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung.....	1
1.1	Der Traumabegriff	4
1.2	Präklinische Versorgung.....	7
1.3	Rettungssysteme.....	12
1.3.1	Deutsches Rettungssystem	12
1.3.1.1	Gesetzliche Grundlagen	13
1.3.1.2	Organisation	14
1.3.1.3	Rettungsdienstliche Infrastruktur.....	15
1.3.1.4	Personal im Rettungsdienst.....	17
1.3.1.4.1	Rettungshelfer	18
1.3.1.4.2	Rettungssanitäter	18
1.3.1.4.3	Rettungsassistent / Notfallsanitäter.....	18
1.3.1.4.4	Notarzt.....	19
1.3.1.5	Rettungsmittel.....	20
1.3.1.5.1	Bodengebundene Rettungsmittel.....	20
1.3.1.5.2	Luftrettung	21
1.3.1.6	Situation in Münster	23
1.3.2	Niederländisches Rettungssystem.....	24
1.3.2.1	Gesetzliche Grundlagen	25
1.3.2.2	Organisation	26
1.3.2.3	Rettungsdienstliche Infrastruktur.....	27
1.3.2.4	Personal im Rettungsdienst.....	27
1.3.2.4.1	Ambulance-Team (AMBU-Team).....	28
1.3.2.4.2	Mobiel Medisch Team (MMT)	29
1.3.2.5	Rettungsmittel.....	29
1.3.2.5.1	Bodengebundene Rettungsmittel.....	29
1.3.2.5.2	Luftrettung	30
1.3.2.6	Situation in Enschede	32
2	Methodik.....	33
2.1	Erhobene Einsatzdaten / Auswertung der Einsatzprotokolle	33
2.2	Statistische Auswertung und statistische Verfahren.....	35

2.3	Scoring-Systeme	35
2.3.1	Injury Severity Score (ISS).....	35
2.3.2	Glasgow Coma Scale (GCS)	36
2.3.3	Revised Trauma Score (RTS).....	37
2.3.4	Trauma and Injury Severity Score (TRISS).....	38
3	Ergebnisse	40
3.1	Patientenspezifische Daten	40
3.1.1	Gesamtkollektiv	40
3.1.2	Geschlechterverteilung	41
3.1.3	Altersverteilung.....	42
3.2	Unfallhergang, Unfallzeitpunkt und Todeszeitpunkt	43
3.2.1	Unfallmechanismus	43
3.2.2	Verletzungsart	44
3.2.3	Unfallzeitpunkt.....	45
3.3	Einsatzzeiten, Transportmittel und Arzteinsatz	46
3.3.1	Einsatzdauer.....	46
3.3.2	Verweildauer des Rettungspersonals am Unfallort	47
3.3.3	Transportzeit.....	48
3.3.4	Transportmittel.....	49
3.3.5	Arzteinsatz.....	50
3.4	Verletzungsscores	51
3.4.1.1	Verletzungsmuster.....	51
3.4.2	Injury Severity Score (ISS).....	53
3.4.2.1	ISS der innerhalb 24 Stunden nach Unfall verstorbenen Patienten.....	54
3.4.2.2	ISS der später als 24 Stunden nach Unfall verstorbenen Patienten.....	55
3.4.3	Glasgow Coma Scale (GCS)	56
3.4.3.1	GCS am Unfallort	56
3.4.3.2	GCS im Schockraum	57
3.4.3.3	Gruppeneinteilung der GCS am Unfallort.....	58
3.4.3.4	Gruppeneinteilung der GCS im Schockraum	59
3.4.4	Revised Trauma Score (RTS).....	60
3.4.4.1	RTS am Unfallort	60
3.4.4.2	RTS im Schockraum.....	61
3.4.5	Trauma and Injury Severity Score (TRISS).....	62

3.5	Interventionen.....	63
3.5.1	Intubation am Unfallort.....	63
3.5.2	Intubation nach Schockraumbehandlung.....	64
3.6	Todeszeitpunkt	65
3.7	Ergebnistabelle.....	66
4	Diskussion	67
4.1	Studiendesign.....	67
4.2	Kollektiv	68
4.3	Geschlecht und Alter	69
4.4	Unfallanamnese.....	70
4.5	Einsatzparameter	71
4.6	Verletzungsscores	79
4.7	Intervention.....	89
4.8	Todeszeitpunkt	94
4.9	Perspektive.....	96
5	Zusammenfassung.....	100
6	Abkürzungsverzeichnis.....	105
7	Fremdwörterverzeichnis	108
8	Literaturverzeichnis.....	109
9	Abbildungsverzeichnis.....	132
10	Tabellenverzeichnis.....	134
	Anhang	I
I.	Einsatzprotokolle.....	II
I.I.	Schockraumprotokoll Münster.....	II
I.II.	Ritrapport Ambulance Oost.....	IV
II.	Lebenslauf.....	V

1 Einleitung und Fragestellung

Am 18. November 2011 kam es auf der Autobahn 31 bei Gronau ganz in der Nähe der niederländischen Grenze zu einer schweren Massenkarambolage, in deren Folge 35 Personen gleichzeitig medizinisch versorgt werden mussten. Obwohl sich der Unfall auf deutschem Hoheitsgebiet ereignete, waren auch Rettungskräfte aus den Niederlanden im Einsatz. Einige schwerverletzte Patienten wurden dabei in das Traumazentrum in Enschede transportiert, um sie so schnell wie möglich optimal versorgen zu können³⁰¹. Der reibungslose Ablauf dieser Rettungsaktion war nur durch eine gute Vernetzung der Rettungsdienste und Kliniken dieser Region möglich. Für solche Großschadensereignisse, aber auch für alltägliche Rettungseinsätze empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) auf nationaler Ebene die Einrichtung von sogenannten Traumanetzwerken⁵⁵. Das Traumanetzwerk NordWest wurde bereits im April 2008 gegründet. In diesem sind, neben dem großen Zentrum in Münster, zahlreiche weitere Kliniken aus Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen vertreten⁶. Da eine optimale Traumaversorgung nicht an einer Landesgrenze enden sollte, wurde das Traumazentrum in Enschede im Rahmen des durch die Europäische Union unterstützten EUREGIO-Projekts in das bestehende Traumanetzwerk NordWest aufgenommen⁵². Durch diese grenzüberschreitende Vernetzung kann die Versorgung von Schwerverletzten in einer geeigneten Klinik innerhalb von 30 Minuten gewährleistet^{50,51} und die Prognose für diese Patienten somit verbessert werden^{75,127,197,266,304}.

Obwohl die Europäische Union den Transfer von Waren und Dienstleistungen zwischen den Ländern zunehmend erleichtert, bleiben im Gesundheitssektor Beschränkungen bestehen²⁰⁸. So erstreckt sich die länderübergreifende Kooperation weiterhin vorwiegend auf Großschadensereignisse. Lediglich in einigen wenigen Regionen entlang der deutsch-niederländischen Grenze findet eine regelmäßige Zusammenarbeit statt^{87,97}. Ursächlich für diese fortbestehende Distanz sind neben medizinischen, sprachlichen und abrechnungstechnischen vor allem rechtliche Verschiedenheiten^{97,165,300}. Jedes Mal, wenn das Rettungspersonal die Grenze überquert, muss es sich auf das jeweils andere System mit all seinen Abläufen und Regeln einstellen. Viele Interventionen und Medikamentenapplikationen, die beispielsweise in Deutschland Notärzten vorbehalten sind, werden in den Niederlanden

ganz alltäglich von *ambulanceverpleegkundigen* (deutsche Übersetzung (dt. Ü.): Rettungsfachkundiger) durchgeführt^{56,300}.

Skeptiker der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit weisen immer wieder auf die nicht ausreichend nachvollziehbare Qualität des jeweils anderen Systems hin.

Da bisher nur wenige repräsentative vergleichende Studien im Bereich des Rettungsdienstes durchgeführt wurden, kann diese Kritik jedoch nicht mit objektiven Fakten untermauert werden. Die meisten bisherigen Untersuchungen, die die deutsche mit der niederländischen Rettung Schwerverletzter verglichen, beschränkten sich auf die Begutachtung der gesetzlichen Regelungen, der Organisation sowie der personellen und materiellen Infrastruktur^{299,300,368}. Roudsari *et al.*³¹⁶ hingegen verglichen Traumapatienten aus elf verschiedenen Ländern, darunter Deutschland und die Niederlande, unter Einbeziehung von demografischen Werten, Vitalparametern, Verletzungsscores und Interventionen. Damit setzten sie einen hohen Maßstab und schufen gute Voraussetzungen für weitergehende internationale Untersuchungen. Allerdings fehlte in dieser Arbeit ein fest definierter Parameter zur Bestimmung des Outcomes, der die Qualität der unterschiedlichen Systeme demonstrieren könnte. Studien, bei denen explizit auch das Behandlungsergebnis verglichen wurde, existieren bisher nur zwischen Deutschland und England¹⁶⁰, Schottland³⁵⁷, Australien¹⁵⁵ sowie den USA³³¹. Die Gemeinsamkeit lag bei allen in der Gegenüberstellung des deutschen notarztgestützten Rettungssystems mit einem Paramedic-System. Bis auf den Vergleich mit Australien¹⁵⁵ zeigten dabei die Arbeiten eine Überlegenheit des deutschen Systems in Bezug auf die kurz- und mittelfristige Überlebenschancen^{155,160,331,357}. Diese Ergebnisse konnten Roudsari *et al.*³¹⁷ in einer weiteren Studie hingegen nicht bestätigen. Sie untersuchten die präklinische Versorgung in neun nicht näher benannten Ländern mit und ohne Notarzt und resümierten, dass durch den Einsatz von Notärzten die Patienten zwar nicht frühzeitig am Unfallort versterben, das Outcome aber insgesamt ähnlich ist. Die bis heute vielversprechendste Gegenüberstellung des deutschen und des niederländischen Systems ist ein von Fries *et al.*¹⁶⁵ im Jahre 2006 publizierter Vergleich. Allerdings untersuchte er nicht die jeweilige präklinische Vorgehensweise und das Outcome bei der Rettung von Traumapatienten sondern von Patienten nach kardiopulmonaler Reanimation. Trotz medizinischer und organisatorischer Verschiedenheiten konnten keine signifikanten Unterschiede beim neurologischen Behandlungsergebnis der Patienten festgestellt werden.

Die Ursachen für die geringe Anzahl an Studien sind vielfältig. Zum einen sind die Gegenüberstellung uneinheitlicher Datensätze und die für die Verarbeitung wichtige Vereinheitlichung mit großem Aufwand verbunden. Zum anderen mussten bereits zahlreiche Autoren nach Abschluss ihrer Auswertungen eingestehen, dass die Strukturen der Systeme zu ungleich und die Patientenkohorten oftmals zu inhomogen für eine aussagekräftige Untersuchung waren^{143,155,240,299,316}. Deshalb konnten alle genannten Studien die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Rettungssysteme bisher nicht abschließend klären.

Um die qualitativen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Systeme zu demonstrieren und somit den Weg für eine engere grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu ebnet, ist eine direkte vergleichende Studie zwischen Deutschland und den Niederlanden überfällig. Daher soll die hier vorliegende Arbeit Kohorten polytraumatisierter Patienten unter Einbeziehung demografischer und einsatztaktischer Parameter vergleichen. Aufgrund unterschiedlicher Dokumentation in den beiden Ländern wird als von der Datenerhebung unabhängiges Haupteinschlusskriterium das spätere Versterben der Patienten gewählt.

Besonderes Augenmerk wird auf die Traumascores gelenkt, die in der Notfallmedizin zur Klassifizierung der Verletzungsschwere oder zur Berechnung der Prognose genutzt werden. Zudem finden Scores Anwendung bei der objektiven Einschätzung der Beeinträchtigung des Organismus, der Qualitätssicherung und der Unterstützung der Triage. Erst durch sie wird es möglich, unterschiedliche medizinische Vorgehensweisen zu vergleichen^{89,92,238}. Obwohl immer wieder neue Scores entwickelt werden, haben sich nur einige in der Praxis durchgesetzt. Zu den in der Notfallmedizin am häufigsten angewendeten und hier genutzten Scores zählen der Injury Severity Score (ISS), die Glasgow Coma Scale (GCS) und der Revised Trauma Score (RTS). Auch Scores zur Prognosestellung wie der Trauma Injury Severity Score (TRISS), der physiologische und anatomische Scores kombiniert, werden regelmäßig in Studien gebraucht²³⁸. Abschließend sollen die durchgeführten Interventionen aufgezeigt sowie die Vor- und Nachteile der jeweiligen Vorgehensweise mit Hilfe eines ausführlichen Literaturvergleichs herausgearbeitet werden.

Übergeordnetes Ziel ist dabei, durch den Vergleich Erkenntnisse zur Verbesserung der Primärversorgung von schwerverletzten Patienten zu gewinnen.

1.1 Der Traumabegriff

Das Wort Trauma leitet sich von dem altgriechischen Wort τραύμα (dt. Ü.: Wunde) ab. Es beschreibt eine durch Gewalteinwirkung entstandene Verletzung des Organismus¹³. Das Trauma ist in der westlichen Welt die führende Todesursache bei Menschen unter 45 Jahren²³². Männer sind dabei fast doppelt so häufig betroffen wie Frauen^{10,113}. Aufgrund unterschiedlicher Ätiologie und Pathophysiologie unterscheidet man zwei Traumaarten: das stumpfe Trauma und das spitze Trauma. Das stumpfe Trauma resultiert meist aus Verkehrsunfällen und Stürzen und stellt im deutschen Sprachraum mit etwa 95% den größten Teil der Traumata dar^{53,167}. Allein im Straßenverkehr wurden im Jahr 2010 in Deutschland 371.170 Personen verletzt und 3.648 getötet. Trotz eines deutlichen Rückgangs der Zahlen gegenüber den Vorjahren kamen dennoch im Durchschnitt täglich 10 Menschen ums Leben^{7,33}. Vom stumpfen Trauma ist das penetrierende Trauma abzugrenzen, welches hauptsächlich durch Schuss- und Stichverletzungen entsteht.

Das Polytrauma wird von Tscherne als gleichzeitig entstandene Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsystemen beschrieben, von denen mindestens eine Verletzung für sich oder aber die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist³⁶⁵. Laut einer aktuellen Studie kommen Verletzungen des Schädels, des Thorax und des Abdomens besonders häufig vor. Sie sind im Vergleich zu Verletzungen der Extremitäten und der Wirbelsäule auch regelmäßig für einen tödlichen Ausgang des Polytraumas verantwortlich²³⁶.

Obwohl der Begriff Polytrauma schon seit Jahrzehnten genutzt wird, gibt es bis zum heutigen Tag keine allgemeingültige Definition. Eine internationale Übereinkunft darüber würde den Vergleich zwischen unterschiedlichen Patientenpopulationen und auch die Einschlusskriterien für multizentrische Studien vereinfachen¹⁰⁷. Die Suche nach einem einheitlichen Begriff ist weiterhin Diskussionsgegenstand der Fachgesellschaften, wie zuletzt auf dem 15th European Congress of Trauma and Emergency Surgery (ECTES)²⁹⁶.

Bislang verwenden die meisten Autoren den Injury Severity Score (ISS). Dieser Score dient der Bewertung der Verletzungsschwere, um ein Polytrauma von einfachen Traumata bzw. potentiell nicht tödlichen Mehrfachverletzungen abzugrenzen. Ein ISS ≥ 16 hat sich in der Literatur und der Praxis als Grenzwert bewährt, ab dem von einem Polytrauma gesprochen wird²³⁶.

Polytraumata sind meist die Folge von Unfällen, bei denen große Kräfte auf mehrere Körperteile wirken. Ereignisse, bei denen primär an ein Polytrauma gedacht werden sollte, sind daher Stürze aus mehr als fünf Metern Höhe, Explosionsverletzungen, Herausschleudern aus einem Fahrzeug, Einklemmungen und Verschüttung sowie Verkehrsunfälle²⁴⁹. Schätzungen und Hochrechnungen für die Bundesrepublik Deutschland gehen von etwa 20.000 schweren Mehrfachverletzungen pro Jahr aus²⁴⁵. Die Gesamletalität wird mit etwa 20% angegeben³⁵⁴. Etwa 50% davon versterben bereits im präklinischen Umfeld, also noch am Unfallort oder während des Transports zum Krankenhaus^{145,293}.

Bei genauerer Betrachtung der Sterblichkeitskurve fällt jedoch eine Dreigipfeligkeit auf. Etwa ein Drittel der Patienten versterben unmittelbar bei oder nach dem Unfallgeschehen. Schwere Hirnverletzungen, hohe Querschnittsläsionen sowie Verletzungen großer Gefäße zählen hierbei zu den häufigsten Todesursachen³⁶².

Der zweite Sterblichkeitsgipfel findet sich nach einigen Minuten bis Stunden. Ursächlich für diese Dekompensation der Patienten sind vor allem die Folgen der akuten Hypoxie, Hypotonie, Hypovolämie und Hypothermie^{138,362}. In diesem Zusammenhang wurde auch der Begriff der *golden hour* geprägt. Er beschreibt die einstündige Zeitphase, in der durch den Einsatz medizinischer Versorgung und den schnellen Transport in ein geeignetes Krankenhaus die Prognose des Traumapatienten signifikant verbessert werden kann²⁴⁴. Schwersttraumatisierte Patienten sollten direkt in ein Traumazentrum verbracht werden. Laut neuerer Studien lässt sich allein dadurch die Mortalität drastisch senken^{78,162}. Generell kann der Patient nur in einer Klinik der Maximalversorgung mit allen notwendigen Fachdisziplinen langfristig stabilisiert werden²⁹⁷.

Der letzte Sterblichkeitsgipfel tritt nach Tagen bis Wochen auf und ist meist Folge von Ganzkörperentzündungsreaktionen, Sepsis und Multiorganversagen. Eine engmaschige Überwachung wirkt sich daher positiv auf das Behandlungsergebnis aus³⁶².

Nicht nur medizinisch gesehen ist das Polytrauma von Bedeutung. Auch aus ökonomischer Sicht besteht großes Interesse an einer guten Versorgung und einer erfolgreichen Rehabilitation, insbesondere aber an einer erfolgreichen Präventionsarbeit. Allein die direkten Kosten eines Polytraumatisierten belaufen sich im Durchschnitt auf 37.500 Euro bis 77.200 Euro pro Patient^{248,313,318}. Hinzu kommen indirekte Kosten, die mit Werten zwischen 17.500 Euro und 500.000 Euro veranschlagt

werden^{318,364}. Letztere ergeben sich zumeist aus Arbeitsausfällen und einer reduzierten Lebensarbeitszeit. Der volkswirtschaftliche Schaden ist besonders hoch, wenn der schwerverletzte Patient jung ist und am Anfang seines Berufslebens steht^{248,313,318,364}. Generell sind Unfälle die zweithäufigste Ursache verlorener Arbeitsjahre¹⁸.

Die Versorgung der Traumapatienten geht mit großem Aufwand einher. Sowohl an das Rettungspersonal als auch an die materielle Infrastruktur werden hohe Anforderungen gestellt, um die Rettung schwerverletzter Patienten rund um die Uhr und zeitnah zu gewährleisten^{55,81}. Ein erfolgreiches Rettungssystem zeichnet sich daher durch gute Flächendeckung aus. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass der Notleidende vom schnellen Eintreffen der Rettungskräfte^{267,337} und einer zügigen Versorgung profitiert^{75,127,266,304}.

Bei jedem Einsatz sind praktische Fähigkeiten, Erfahrung und Übersicht gefragt. Zu einer angebrachten Handlungsstrategie und einem maximalen Eigenschutz müssen einige wichtige Fragen so schnell wie möglich noch vor Beginn der Rettung am Unfallort geklärt werden. Zunächst sollten Informationen über den Unfallort und den Unfallhergang gesammelt werden. Die Anzahl der Verletzten und die Art der Verletzungen sind beispielsweise ausschlaggebend für die Bereitstellung von ausreichend Rettungsmitteln und qualifiziertem Personal³⁰². Nur so ist eine zielgerichtete Rettung möglich. Außerdem kann durch die Kenntnis des Unfallmechanismus das Rettungspersonal auch nicht sichtbare Verletzungen bedenken und eine nötige Therapie zügig einleiten.

Ebenso reibungslos muss die Rettungskette im Krankenhaus weiterlaufen. Da sich viele Unfälle außerhalb der normalen Arbeitszeiten (Montag bis Freitag 8 bis 16 Uhr) ereignen, sind Krankenhäuser, die zu jeder Tages- und Nachtzeit mit ausreichend Personal besetzt sind und die nötigen diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten vorhalten, Grundvoraussetzung^{69,231}. Welches Krankenhaus für die Behandlung des Patienten am sinnvollsten bzw. ausreichend ist, kann und sollte das Rettungspersonal anhand der Verletzungen bereits am Unfallort entscheiden³⁰².

1.2 Präklinische Versorgung

Die richtige Herangehensweise an die Versorgung eines Traumas ist von großer Bedeutung. Die Wiederherstellung sowie Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen und die Behandlung der Einzelverletzungen sind neben der Vorbereitung des Patienten für den anstehenden Transport das oberste Ziel^{261,302}. Aus diesem Grund wurden Algorithmen entwickelt, um der Rettungsmannschaft eine Entscheidungshilfe in Form eines Fließdiagramms für Untersuchung und Behandlung am Unfallort an die Hand zu geben (s. Abb. 1 und Abb. 2)^{322,373}. Medizinische Algorithmen sind Verfahren, um ein Problem mit logischen Bedingungen in endlich vielen Schritten zu lösen^{40,219,373}. Sie ermöglichen medizinisch korrektes und zügiges Handeln auch in unübersichtlichen Situationen³⁸⁰. Die Anwendung eines solchen Leitfadens führt zu Zeitersparnis, Fehlerreduktion und besserer Prozessqualität^{322,341,373}. Mit dieser Standardisierung der Primärtherapie sowie steter Verbesserung der Strukturen des Rettungsdienstes und der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten konnte die Letalität polytraumatisierter Patienten in den letzten Jahren sowohl in Deutschland als auch in den Niederlanden weiter gesenkt werden^{33,53,282}.

Die weltweit am häufigsten befolgte Vorgehensweise beruht auf dem Schulungskonzept des Prehospital Trauma Life Support (PHTLS)³⁸⁰. Es wurde in den USA entwickelt und findet mittlerweile in fast allen europäischen Ländern Anwendung¹⁸⁴. Sowohl der deutsche als auch der niederländische Rettungsdienst nutzen dieses Konzept schon seit mehreren Jahren^{37,184}. PHTLS leitet sich vom für die Schockraumbehandlung entwickelten Advanced Trauma Life Support (ATLS)³⁷⁶ ab und lehrt den standardisierten und prioritätenorientierten Umgang mit polytraumatisierten Patienten. Da sich diese Algorithmen an ärztliche und nichtärztliche Mitarbeiter richten, sind die Inhalte auf Systeme mit oder ohne Notarzt anwendbar³⁸⁰.

Den Trauma-Algorithmen liegt ein festes Schema zugrunde. Begonnen wird mit der schnellen Erfassung des Patientenzustands (Check-up). Dabei wird der ABC-Regel gefolgt, die sich von den englischen Begriffen *airway*, *breathing*, *circulation* (dt. Ü.: Atemwege, Atmung, Kreislauf) ableitet³⁰². Es werden also zunächst die Atemwege, die Atmung und die Funktion des Kreislaufs untersucht, da Fehlfunktionen in diesen Systemen potentiell am stärksten lebensgefährdend für den Patienten sind. Dem Ergebnis der Untersuchung entsprechend beginnt umgehend die Therapie bedrohlicher Störungen und Verletzungen^{261,279}. Die im präklinischen Bereich wichtigsten Maßnahmen sind die Einleitung einer Narkose, die endotracheale

Intubation, die Anlage einer Thoraxdrainage, die Volumentherapie sowie eine sichere Lagerung²⁸². Bei jeder Verschlechterung des Patienten muss der Algorithmus wieder von vorne begonnen werden (s. Abb. 2)⁸¹. Dadurch wird gewährleistet, dass lebensbedrohliche Zustände nicht übersehen werden. Am Ende des Ablaufs steht die Herstellung der Transportfähigkeit des Patienten^{373,380}. Um die Zielklinik auf die Behandlung des Patienten vorzubereiten, werden Vitalparameter und Verletzungsmuster erhoben und übermittelt.

Das niederländische Rettungspersonal ist dazu verpflichtet, sich an solche Handlungsabläufe zu halten und nur in begründeten Ausnahmesituationen davon abzuweichen³⁶⁰. In Deutschland ist der Notarzt ebenfalls angehalten den Algorithmen zu folgen. Aufgrund seiner Fachkenntnis und klinischen Erfahrung liegt es jedoch in seinem persönlichen Ermessen, jederzeit von diesem vorgegebenen Pfad abzuweichen¹⁹⁶.

Präklinisches Polytrauma Management I

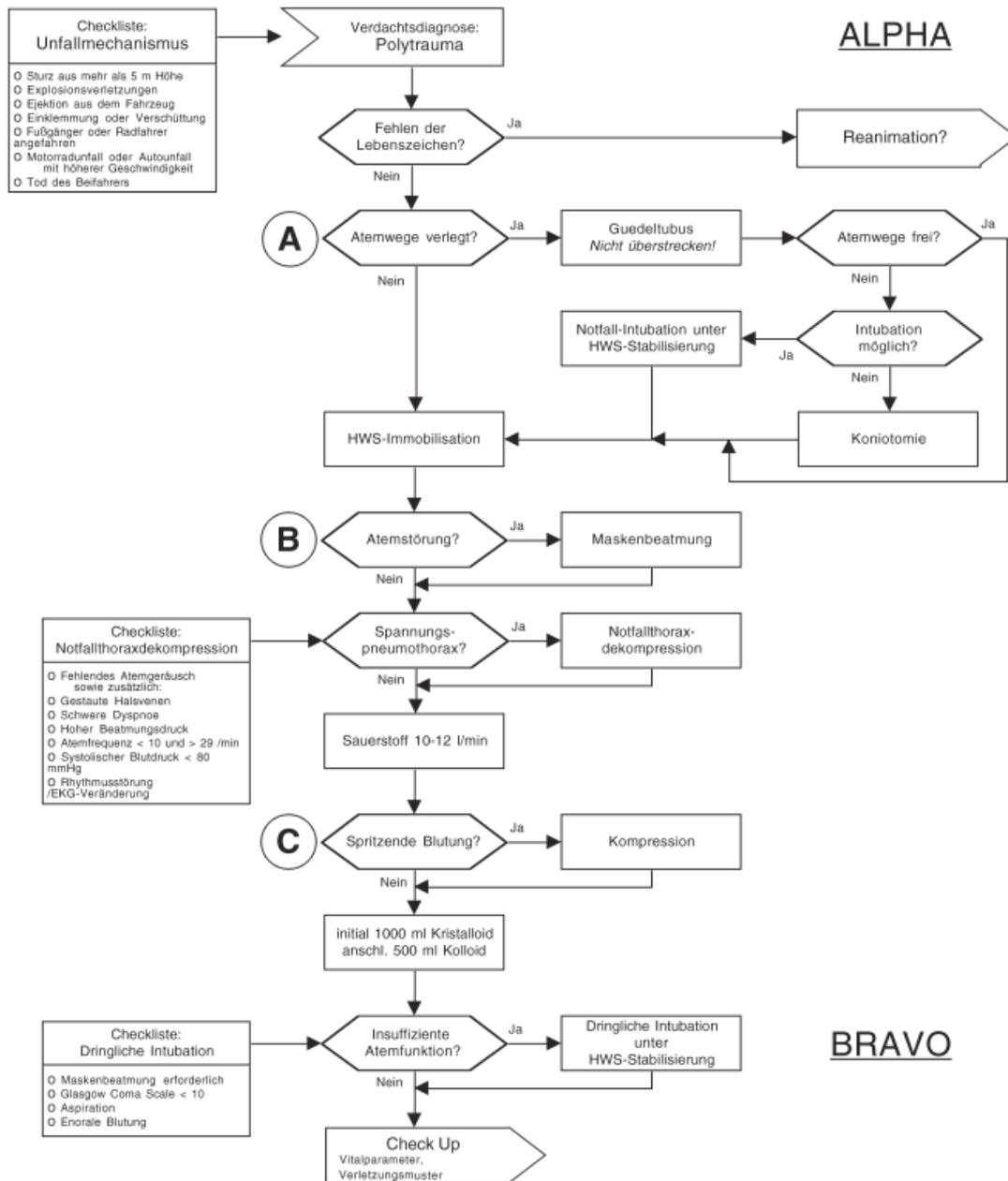
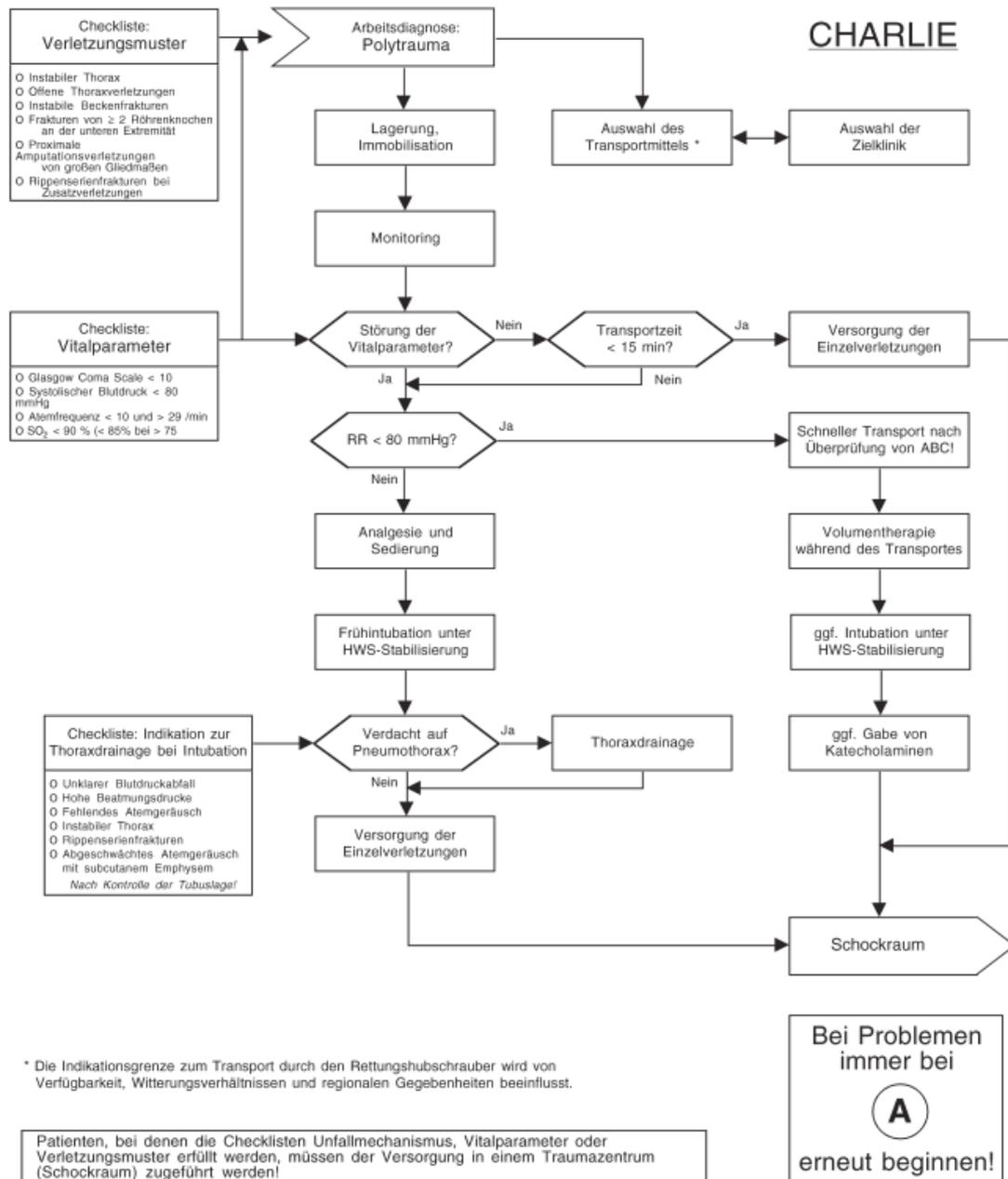


Abb. 1: Präklinischer Polytrauma Algorithmus Teil 1²¹⁹

Präklinisches Polytrauma Management II



* Die Indikationsgrenze zum Transport durch den Rettungshubschrauber wird von Verfügbarkeit, Witterungsverhältnissen und regionalen Gegebenheiten beeinflusst.

Patienten, bei denen die Checklisten Unfallmechanismus, Vitalparameter oder Verletzungsmuster erfüllt werden, müssen der Versorgung in einem Traumazentrum (Schockraum) zugeführt werden!

Abb. 2: Präklinischer Polytrauma Algorithmus Teil 2²¹⁹

Um den unterschiedlich schweren Verletzungen der Traumapatienten gerecht zu werden ohne kostspielige Überversorgung zu verursachen, haben sich sowohl in Deutschland als auch in den Niederlanden drei Krankenhauskategorien etabliert. Unterschieden werden Krankenhäuser der Grund- und Regelversorgung, der Schwerpunktversorgung und der Maximalversorgung²³¹. Sie grenzen sich in Hinblick auf die fachliche Qualifikation, die organisatorische Autonomie, das Leistungsspektrum und die Ausstattungsmerkmale voneinander ab¹⁹⁵. Ein Haus der Grund- und Regelversorgung, welches nach der amerikanischen Klassifikation des American College of Surgeons (ACS) einem Traumazentrum Level III und IV gleichkommt, muss eine eigene chirurgische Abteilung mit 24-stündiger Operationsbereitschaft aufweisen^{195,231}. Krankenhäuser der Schwerpunktversorgung entsprechen dem ACS Level II. Sie haben neben den strukturellen Voraussetzungen und klinischen Kapazitäten der Grund- und Regelversorger zusätzlich eine selbstständige Abteilung für Unfallchirurgie mit 24-stündiger Operationsbereitschaft, eine eigenständige Radiologie sowie Zugriff auf eigene intensivmedizinische Betten. Die Versorgung von Polytraumatisierten wird von diesen Kliniken explizit als Schwerpunkt genannt^{195,231}. Krankenhäuser der Maximalversorgung sind mit dem ACS Level I vergleichbar. Diese Zentren sind mit einer zentralen Notaufnahme mit Schockraum, Notoperationssälen und Intensivstationen ausgestattet. Sie verfügen zudem über einen 24-Stunden-Bereitschaftsdienst, der mit allen für eine Unfallversorgung notwendigen Fachärzten der unterschiedlichen Disziplinen besetzt ist. Somit sind sie in der Lage, auch polytraumatisierte Patienten mit größtmöglichem medizinischen Aufwand zu versorgen^{195,320}. Daher empfehlen die deutschen S3-Leitlinien Polytrauma, alle polytraumatisierten Patienten in einem überregionalen (Level I) Traumazentrum zu behandeln²⁸¹. Sollte eine solche Klinik nicht mit einer Transportzeit von 30 Minuten erreichbar sein, ist eine nähergelegene Klinik anzufahren, die den Patienten primär stabilisieren und notoperieren kann^{55,281}.

1.3 Rettungssysteme

1.3.1 Deutsches Rettungssystem

Das Rettungssystem in der Bundesrepublik Deutschland ist ein sogenanntes notarztgestütztes System. Es wird auch als franko-germanisches Modell bezeichnet, da es nicht nur in Österreich und Deutschland, sondern auch in Frankreich angewendet wird¹⁴¹. Der Notarzt, nichtärztliches Personal und die von ihnen benötigten Hilfsmittel werden hierbei zum Ort des Geschehens gebracht. Ziel ist es, dem Patienten eine hoch qualifizierte Therapie möglichst schnell zuteilwerden zu lassen, noch bevor dieser im Krankenhaus eintrifft und weiterbehandelt wird⁶⁵. Die Therapie beginnt also bereits am Unfallort, weshalb dieses Konzept auch Stay and Play genannt wird.

Dieser Vorgehensweise steht das anglo-amerikanische System gegenüber. Hier werden die Patienten von speziell ausgebildetem Rettungspersonal (Paramedics) so schnell wie möglich ins Krankenhaus zu einem behandelnden Arzt gebracht. Am Unfallort wird der Patient kaum oder gar nicht behandelt. Die Versorgung im Krankenhaus wird dadurch deutlich früher begonnen^{65,141}.

Doch auch in Deutschland gehörte der Notarzt nicht immer zum Rettungsdienst. Die Idee basiert auf einer Forderung, die der Heidelberger Chirurg Martin Kirschner bereits 1938 formulierte: „Der Arzt soll also zum Verletzten kommen, nicht aber der Verletzte zum Arzt!“²²⁴. Es dauerte jedoch noch bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts, bis dieser Appell umgesetzt wurde. 1957 nahm der erste Operationswagen, genannt Clinomobil (s. Abb. 3), in Heidelberg seinen Dienst auf. Grund für die Einführung des Notarztsystems war damals die steigende Zahl der Unfallopfer im Straßenverkehr. Seitdem hat sich die präklinische Notfallmedizin in Deutschland zu einem spezialisierten und zugleich hochtechnisierten Bereich entwickelt^{339,378}.

Die Rettung Schwerverletzter folgt vier Handlungsgrundsätzen³⁷⁸:

- Das therapiefreie Intervall soll so kurz wie möglich gehalten werden.
- Hoch qualifizierte und effektive Hilfe wird bereits am Unfallort geleistet.
- Die Transportzeit wird so kurz wie eben nötig gehalten.
- Der polytraumatisierte Patient wird in ein für ihn adäquates Traumazentrum gebracht, wo die Therapie nach höchstem medizinischen und technischen Standard durchgeführt werden kann.



Bundesarchiv, B 145 Bild-F004445-0001
Foto: o. Ang. | 23. Iv. 1957

Abb. 3: Clinomobil³⁶

1.3.1.1 Gesetzliche Grundlagen

Der Rettungsdienst in Deutschland ist eine öffentliche und staatliche Aufgabe. Er ist als Teil des Gesundheitswesens im Sozialgesetzbuch V (SGB V) verankert. Seine Aufgaben sind die Gefahrenabwehr und die Gesundheitsversorgung der Bevölkerung, auch Daseinsfürsorge genannt^{44,299}. Im Rettungsdienst können die Notfallrettung und der Krankentransport unterschieden werden.

Nach der Norm 13050 des Deutschen Instituts für Normung (DIN) „Begriffe im Rettungswesen“ hat die Notfallrettung die Aufgabe, „[...] bei Notfallpatienten am Notfallort lebensrettende Maßnahmen durchzuführen und ihre Transportfähigkeit herzustellen, sowie diese Personen unter Aufrechterhaltung der Transportfähigkeit und Vermeidung weiterer Schäden in eine geeignete Gesundheitseinrichtung/Krankenhaus zu befördern. Ein Notfallpatient ist ein Patient, der sich infolge Verletzung, Erkrankung oder sonstiger Umstände in Lebensgefahr befindet oder dessen Gesundheitszustand in kurzer Zeit eine wesentliche Verschlechterung befürchten lässt, wenn er nicht unverzüglich medizinische Hilfe erhält“¹⁶.

Das Aufgabenfeld des Krankentransports beschränkt sich hingegen darauf „[...] Kranke, Verletzte oder sonstige hilfsbedürftige Personen, die keine Notfallpatienten sind, unter fachgerechter Betreuung zu befördern“¹⁶.

Die Kompetenzen bei der Organisation und der Durchführung des Rettungsdienstes sind klar gegliedert. Der Bund ist für die Sozialgesetzgebung sowie den Berufsschutz der Rettungsassistenten zuständig. Verantwortlich für die Organisation und Durchführung des Rettungsdienstes sind aufgrund des föderalistischen Prinzips die Bundesländer^{44,378}. Es existieren deshalb auch 16 unterschiedliche Rettungsdienstgesetze, die im Hinblick auf Besatzung, Rettungsmittel, Ausbildungsstandards und Bemessung der Hilfsfristen deutlich divergieren. Die Bundesländer geben die Aufgaben der Durchführung nach dem Subsidiaritätsprinzip an Landkreise, kreisfreie Städte und Zweckverbände weiter. Diese sind Träger des Rettungsdienstes und für eine bedarfsgerechte Versorgung des jeweiligen Rettungsdienstbereiches zuständig^{190,199}. Die Kommunen können ihren gesetzlichen Pflichten auf zweierlei Art gerecht werden: entweder sie betrauen die Berufsfeuerwehr mit der Aufgabe (Eigenregielösung) oder sie übertragen diese an gemeinnützige oder private Organisationen (Delegationslösung)¹⁹⁰. Die unterschiedliche Durchführung in den Bundesländern Deutschlands ist historisch bedingt²⁹⁹. In Nordrhein-Westfalen (NRW) führen meist die Berufsfeuerwehren die rettungsdienstlichen Aufgaben aus. In vielen anderen Bundesländern, zum Beispiel in Baden-Württemberg, dominiert hingegen die Delegationslösung³⁰⁰.

1.3.1.2 Organisation

Ein wichtiges Planungs- und Qualitätsmerkmal im Rettungsdienst ist die gesetzlich festgelegte Hilfsfrist. Sie ist definiert als die Zeit, die vom Notrufeingang bis zum Eintreffen des Rettungsmittels an der Einsatzstelle vergeht. Je nach Bundesland ist sie unterschiedlich lang. In dicht besiedelten Gebieten Nordrhein-Westfalens beträgt sie 8 Minuten. In Münster kann sie in 90% der Fälle eingehalten werden^{25,86}. In Baden-Württemberg wird sie hingegen mit 15 Minuten angegeben^{23,25}. Sie ist ein entscheidender Kostenfaktor. Je kürzer eine Hilfsfrist angesetzt ist, desto größer muss die Dichte der Rettungswachen sein und desto mehr Personal und Rettungsmittel müssen vorgehalten werden⁴⁴. Die Kosten steigen bei jeder Verkürzung progressiv an.

Eine Halbierung der Eintreffzeit vervierfacht die Kosten³⁰⁶. Daher ist die Hilfsfrist stets eine Abwägung zwischen Wirtschaftlichkeit und dem medizinisch Erforderlichen.

Die Organisationsform der Rettungsabläufe in Deutschland kann anhand der Rettungskette erläutert werden (s. Abb. 4). Sie wurde 1962 vom deutschen Anästhesisten und Notarzt Friedrich Ahnefeld entworfen. Die Rettungskette besteht aus fünf Teilen. Die ersten beiden Glieder zielen auf den Einsatz von Laienhelfern ab. Diese sollten Sofortmaßnahmen einleiten sowie möglichst rasch einen Notruf absetzen. Die weitere Versorgung wird dann von Rettungsassistenten und Notärzten übernommen⁴⁴.

Unter Einsatz eines geeigneten Transportmittels wird der Patient dann zügig weiter in die Notfallambulanz oder direkt auf die Intensivstation eines Krankenhauses gebracht, wo er versorgt werden kann. Das Ziel der Rettungskette ist die Gewährleistung einer lückenlosen Behandlung des Notfallpatienten vom Ort des Geschehens bis zur endgültigen Versorgung¹⁸⁷.

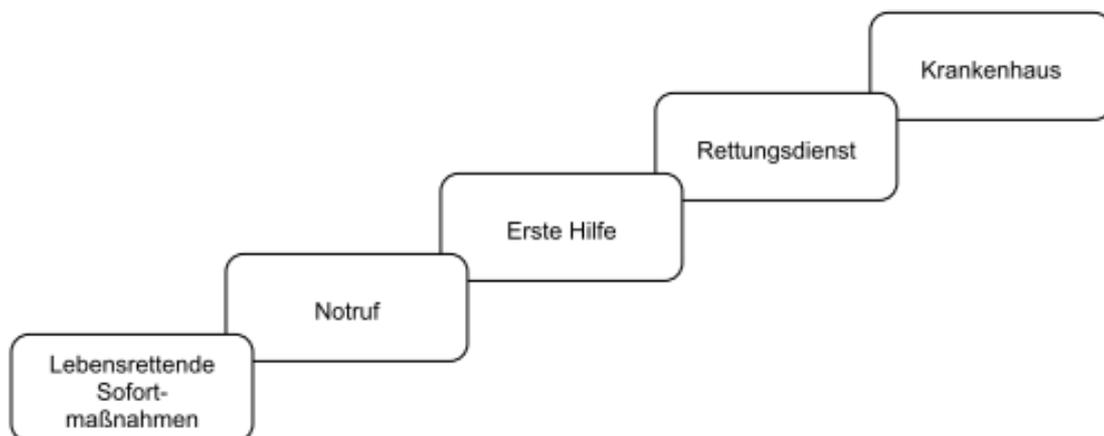


Abb. 4: Schema der Rettungskette nach Gorgaß und Ahnefeld¹⁸⁶

1.3.1.3 Rettungsdienstliche Infrastruktur

Erster Ansprechpartner für Hilfesuchende ist die Leitstelle, die stets von ärztlichem Personal geführt wird²⁹⁹. Sie kann durch die europaweit gültige Notrufnummer 112 erreicht werden. Hier werden alle Notrufe rund um die Uhr von speziell geschulten Rettungsassistenten entgegengenommen. Die Leitstelle ist das Bindeglied zwischen Anrufer und dem Rettungssystem. Sie sorgt für die Entsendung einer dem Unfallort am nächsten stationierten Rettungseinheit. Die Leitstelle steht vor, während und nach dem

Einsatz in ständigem Kontakt mit den Notärzten, der Feuerwehr, der Polizei sowie dem aufnehmendem Krankenhaus und koordiniert und protokolliert die Abläufe. Für diesen Rettungsdienstbereich dient sie daher als Kommunikations- und Einsatzzentrale^{16,32,199,281}.

Bei einer Notfallmeldung hat das Personal der Leitstelle die Aufgabe, in kurzer Zeit möglichst viel über den Notfall und seine Ausmaße zu erfragen. Mittels dieser Angaben wird anhand fest definierter Einsatzstichworte entschieden, welche Rettungsmittel zum Ort des Notfalls entsendet werden. Zudem hilft ein sogenannter Notarztindikationskatalog bei der Entscheidung, ob ein Notarzt an der Einsatzstelle vonnöten ist (s. Tab. 1 und Tab. 2)¹⁰³. Beide Verfahren haben das Ziel, eine dem Unfallgeschehen angemessene Anzahl an Einsatzmitteln (Personal, Fahrzeuge, Geräte) so schnell wie möglich vor Ort zu bringen und somit eine Nachalarmierung weiterer Einsatzkräfte zu vermeiden.

Tab. 1: Indikationskatalog der Bundesärztekammer für den Notarzteinsatz unter Bezug auf den Patientenzustand (Stand: 22.02.2013)¹⁰³.

Funktionen	Zustand	Beispiel
Bewusstsein	reagiert nicht oder nicht adäquat auf Ansprechen und Rütteln	Schädel-Hirn-Trauma (SHT), Schlaganfall, Vergiftung, Krampfanfall, Koma
Atmung	keine normale Atmung, ausgeprägte oder zunehmende Atemnot, Atemstillstand	Asthmaanfall, Lungenödem, Aspiration
Herz/Kreislauf	akuter Brustschmerz, ausgeprägte oder zunehmende Kreislaufinsuffizienz, Kreislaufstillstand	Herzinfarkt, Angina pectoris, Akutes Koronarsyndrom (ACS), Herzrhythmusstörungen, hypertone Krise, Schock
Sonstige Schädigung mit Wirkung auf die Vitalfunktionen	schwere Verletzung, schwere Blutung, starke akute Schmerzen, akute Lähmung	Thorax-/Bauchtrauma, SHT, größere Amputationen, Ösophagusvarizenblutung, Verbrennungen, Frakturen mit deutlicher Fehlstellung, Pfählungsverletzung, Vergiftungen, Schlaganfall
Schmerz	akute starke und/oder zunehmende Schmerzen	Trauma, Herzinfarkt, Kolik

Tab. 2: Indikationskatalog der Bundesärztekammer für den Notarzteinsatz – notfallbezogene Indikation (Stand: 22.02.2013)¹⁰³.

Schwerer Verkehrsunfall mit Hinweis auf Verletzte
Sonstiger Unfall mit Schwerverletzten
Unfall mit Kindern
Brände/Rauchgasentwicklung mit Hinweis auf Personenbeteiligung
Explosionsunfälle mit Hinweis auf Personenbeteiligung
Thermische oder chemische Unfälle mit Hinweis auf Personenbeteiligung
Strom- oder Blitzunfälle
Ertrinkungs- oder Tauchunfälle oder Eiseinbruch
Einklemmung oder Verschüttung
Drohender Suizid
Sturz aus Höhe (≥ 3 m)
Schuss-/Stich-/Hiebverletzungen im Kopf-, Hals- oder Rumpfbereich
Geiselnahme, Amoklage oder sonstige Verbrechen mit unmittelbarer Gefahr für Menschenleben
Unmittelbar einsetzende oder stattgefundene Geburt
Vergiftungen mit vitaler Gefährdung

Den zielgerichteten Transport des Patienten in eine geeignete Klinik ermöglicht ein Bettenregister, welches in Zusammenarbeit mit den ortsansässigen Krankenhäusern geführt wird. Informationen über freie Kapazitäten werden an den am Unfallort aktiven Notarzt übermittelt. Er allein entscheidet, in welches Krankenhaus der Patient letztendlich transportiert wird. Ist die Verletzung des Patienten besonders schwerwiegend, wird meist direkt ein Traumazentrum angesteuert, auch wenn sich dadurch die Transportzeit verlängert^{199,203}.

1.3.1.4 Personal im Rettungsdienst

Das Personal im deutschen Rettungsdienst setzt sich aus nichtärztlichem und ärztlichem Personal zusammen. Das System in Deutschland ist zwar arztgestützt, dennoch wird nur in 23% der Rettungseinsätze überhaupt ein Notarzt entsandt. Eine Schlüsselrolle in der alltäglichen Rettungsarbeit obliegt daher dem nichtärztlichen Personal²²⁸. Dieses gehört in der Regel den Berufsfeuerwehren oder Hilfsorganisationen an¹⁹⁰. Um den Aufgaben des immer komplexer werdenden Rettungsdienstes gerecht zu werden, finden sich unterschiedliche Qualifikationen.

1.3.1.4.1 Rettungshelfer

Die einfachste Qualifikation im deutschen Rettungsdienst ist die des Rettungshelfers. Die Tätigkeit ist kein anerkannter Ausbildungsberuf. Eine ihrer Hauptaufgaben ist die Durchführung von Krankentransporten. In der Notfallrettung werden sie lediglich unter Anleitung höher qualifizierter Kräfte eingesetzt. Häufig betätigen sie sich auch als Fahrer der verschiedenen Rettungsmittel. Die Ausbildung umfasst einen 160 Stunden dauernden theoretischen Lehrgang mit Abschlussprüfung und ein je 80-stündiges Praktikum im Krankenhaus und im Rettungsdienst. Dieses Berufsbild ist überwiegend zum Einstieg in den Arbeitsbereich des Rettungsdienstes und für ehrenamtliche Mitarbeiter gedacht^{45,250}.

1.3.1.4.2 Rettungssanitäter

Die Ausbildung zum Rettungssanitäter ist landesrechtlich geregelt. Sie hat einen Umfang von 520 Stunden und ist in vier Teile gegliedert. Bevor die staatliche Abschlussprüfung abgelegt werden kann, müssen 160 Stunden theoretischer Unterricht, je 160 Stunden Praktikum im Krankenhaus und auf einer Rettungswache sowie ein 40-stündiger Prüfungslehrgang absolviert werden. Die Lehrgänge werden an staatlich anerkannten Stellen angeboten. Neben der Durchführung von Krankentransporten kommen Rettungssanitäter auch als Fahrer oder im Rettungsdienst zum Einsatz, wobei sie in erster Linie die Arbeit der Rettungsassistenten unterstützen^{46,199}.

1.3.1.4.3 Rettungsassistent / Notfallsanitäter

Rettungsassistenten werden nach einem einheitlich festgeschriebenen Bundesgesetz ausgebildet. In ihm ist klar geregelt, welche Kompetenzen für die selbstständige Durchführung der Tätigkeit nötig sind. Gemäß diesem Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten (RettAssG) besteht die Ausbildung aus einem neun Monate dauernden Schulunterricht, einem dreimonatigen Praktikum im Krankenhaus sowie einer darauf folgenden staatlichen Abschlussprüfung²². Erst danach kann die Ausbildung durch die Ableistung eines zwölfmonatigen Praktikums auf einer Lehrrettungswache und eines Abschlussgespräches fortgesetzt und zu Ende geführt werden. Die primäre Aufgabe des Rettungsassistenten besteht darin, den

Notarzt bei dessen Arbeit zu unterstützen. In Ausnahmefällen und bei verzögertem Eintreffen des Notarztes ist er zudem befugt lebensrettende Maßnahmen durchzuführen, die ansonsten dem Arzt vorbehalten sind. Dieses eigenständige Handeln ist daher auch Teil der Ausbildung. Ziel ist hier wiederum das therapiefreie Intervall am Einsatzort bis zum Eintreffen des Notarztes möglichst gering zu halten. Desweiteren ist er dafür zuständig die Transportfähigkeit von Notfallpatienten herzustellen und dabei lebenswichtige Körperfunktionen zu überwachen und aufrechtzuerhalten^{42,43,199}. Laut des neuen Notfallsanitätergesetzes (NotSanG), welches am 01.01.2014 in Kraft trat, wird der Berufsstand des Rettungssanitäters in Zukunft vom Notfallsanitäter abgelöst. Dieser hat eine dreijährige an Stelle einer zweijährigen Ausbildung absolviert und ist dadurch befähigt, vor allem in Notsituationen erheblich selbstständiger arbeiten zu können²¹.

1.3.1.4.4 Notarzt

Um im deutschen Rettungsdienst als Notarzt tätig werden zu können, muss neben der ärztlichen Qualifikation die Fachkunde Rettungsdienst bzw. die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin erworben werden. Bevor diese Zusatzqualifikation erlangt werden kann, muss ein Arzt eine mindestens 24-monatige Tätigkeit im Gebiet der stationären Patientenversorgung nachweisen. Die Weiterbildung selbst besteht aus einer sechs Monate dauernden Tätigkeit auf einer Intensivstation, in der Anästhesiologie oder in der Notfallaufnahme. Diese Zeit muss unter Anleitung eines Weiterbildungsbefugten absolviert werden. Zudem ist ein 80-stündiger Kurs zum Thema allgemeine und spezielle Notfallbehandlung zu belegen. Abschließend sind 50 Einsätze in einem Notarztwagen oder einem Rettungshubschrauber unter Anleitung eines verantwortlichen Notarztes durchzuführen³⁵. Die im Notarztendienst am häufigsten vertretenen Fachrichtungen sind die Anästhesie, die Chirurgie und die innere Medizin¹⁴².

Der Einsatz von Notärzten richtet sich nach dem Notarztindikorkatalog¹⁰³. Beim Eintreffen am Einsatzort ist er für die Sicherung der Unfallstelle, die Wiederherstellung und Sicherung der Vitalfunktionen sowie für die Vermeidung von Folgeschäden zuständig. Ziel ist, die Intensivtherapie schon am Unfallort zu beginnen. Die Behandlung am Unfallort ist jedoch ungleich schwieriger als im Krankenhaus, da nur sehr wenige diagnostische Möglichkeiten vorhanden sind. Daher beschränkt sich der Notarzt meist auch auf das Freimachen und Freihalten der Atemwege, die Bekämpfung

von Kreislaufstörungen und eine gezielte medikamentöse Therapie. Abschließend ist er für die Herstellung der Transportfähigkeit des Patienten verantwortlich, wobei ein Transporttrauma unbedingt vermieden werden muss. Während des Transports wird der Patient weiterhin überwacht, wenn nötig behandelt und die Dokumente für die Patientenübergabe im Krankenhaus vorbereitet^{199,260}.

1.3.1.5 Rettungsmittel

1.3.1.5.1 Bodengebundene Rettungsmittel

Rettungsmittel sind Fahrzeuge, die speziell für den Einsatz im Rettungsdienst konzipiert sind und auch nur diesem zur Verfügung stehen. Sie sind speziell für den Transport der Rettungskräfte zum Einsatzort und die Beförderung der Patienten in ein geeignetes Krankenhaus ausgelegt. Das Personal im Rettungsdienst wird je nach Qualifikation und entsprechend der benötigten Hilfe eingesetzt. Die Fahrzeugausstattung ist gesetzlich genormt¹⁶.

Bei einem Krankentransport wird ein Krankentransportwagen (KTW) eingesetzt, der mit mindestens einem Rettungshelfer und einem Rettungssanitäter besetzt ist. Da diese Fahrzeuge nur ein eingeschränktes Raum- und Ausstattungsangebot bieten, kommen sie nicht bei der Notfallrettung zur Anwendung. Hier kommen Rettungswagen (RTW) zum Einsatz. Die Besatzung besteht aus mindestens einem Rettungssanitäter und einem Rettungsassistenten. Teilweise werden RTWs auch als Mehrzweckfahrzeuge verwendet und zusätzlich mit einem Notarzt besetzt. Dieses Fahrzeug wird dann als Notarztwagen (NAW) bezeichnet und heute hauptsächlich in städtischen Ballungsräumen eingesetzt. Dieses sogenannte Stationierungssystem wird aber zunehmend von dem flexibleren und kostengünstigeren Rendezvous-System abgelöst³³². Das System basiert darauf, dass ein RTW und ein Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) unabhängig voneinander zum Einsatzort gelangen. Die Besatzung des NEF besteht aus einem Rettungsassistenten und einem Notarzt. Die Notfallausstattung ist mit der eines RTW vergleichbar. Patienten können in diesem kleineren und wendigeren Fahrzeug hingegen nicht transportiert werden. Es dient in erster Linie für den Transport des Notarztes zum Unfallort. Der Notarzt kann dann, falls eine ärztliche Überwachung des Patienten bis zum Krankenhaus nötig wird, im RTW mitgenommen werden^{199,229,378}. Der Vorteil dieses letztgenannten Systems ist, dass der Notarzt nicht an der Rettungswache stationiert sein muss und daher besser seiner alltäglichen Arbeit im

Krankenhaus nachgehen kann. Zudem bietet die größere Flexibilität die Möglichkeit, direkt von einem Einsatzort zu einem eventuellen Folgeauftrag zu fahren ohne vorher erneut ein Krankenhaus oder die Rettungswache anzulaufen. Dadurch steht der Notarzt schneller für den nächsten Einsatz zur Verfügung. Dies spart Kosten und optimiert die Abläufe. Ein nicht zu vernachlässigender Nachteil kann sein, dass am Einsatzort ein unbekanntes, wenig eingespieltes Team zusammenarbeiten muss²⁵¹.

1.3.1.5.2 Luftrettung

Ergänzend zu den bodengebundenen Rettungssystemen gibt es in Deutschland heute ein flächendeckendes Netz an Rettungshubschraubern (RTH)^{230,299,378}. In ganz Deutschland finden sich ungefähr 80 Luftrettungsstandorte^{191,253}. Jeder der RTH deckt eine Fläche von etwa 7850 km² ab³⁷⁸.

Die Besatzung besteht in der Regel aus einem Piloten, einem Rettungsassistenten mit einer zusätzlichen Ausbildung für die Luftrettung und einem Notarzt. Eine gesonderte Qualifikation als Notarzt im RTH ist nicht vonnöten. In der Praxis werden jedoch aufgrund des besonderen Patientenspektrums häufiger als im bodengebundenen Rettungsdienst Ärzte mit fortgeschrittenem Ausbildungsstand eingesetzt. 85% von ihnen sind Fachärzte^{191,256}.

Die Ausstattung des RTH ist mit der eines NAW vergleichbar und vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Allerdings werden diese Mindestanforderungen durch die Betreiber der RTH meist deutlich überschritten^{191,230,255}.

Der erste RTH wurde 1970 in München zunächst auf Versuchsbasis in Dienst gestellt³⁷⁸. Nach anfänglichen Schwierigkeiten hat sich die zivile Luftrettung zu einer festen Größe im Rettungsdienst entwickelt. Träger der Luftrettung sind die Länder. Betrieben werden die meisten Standorte und die dazugehörigen Hubschrauber vom Allgemeinen Deutschen Automobil-Club (ADAC) und von der Deutschen Rettungsflugwacht (DRF)²³⁰. Die Häufigkeit der geflogenen Einsätze nimmt von Jahr zu Jahr stetig zu. Allein durch den ADAC wurden 2011 insgesamt 47.315 Einsätze geflogen¹⁹². Im Vergleich zu den meisten europäischen Ländern wird der RTH in Deutschland besonders häufig eingesetzt³¹⁶.

Rettungshubschrauber werden genau wie bodengebundene Rettungsmittel von einer Leitstelle koordiniert. Es kann generell zwischen verschiedenen Einsatzarten

unterschieden werden. Beim Primäreinsatz wird der Notarzt mit dem RTH zum Einsatzort geflogen, um ein möglichst kurzes therapiefreies Intervall zu ermöglichen^{158,191,252}. Der Notarzt fährt dann am Ende der Bergung und der Behandlung vor Ort im Rettungswagen gemeinsam mit dem Patienten in ein geeignetes Krankenhaus. Zu dieser Einsatzart kommt es in etwa 60% der Rettungshubschraubereinsätze. Wird der Patient hingegen unter Betreuung des Notarztes mit dem RTH in eine Klinik transportiert, spricht man von einem Primärtransport. Diese Art der Rettung kommt in etwa 40% der Fälle zur Anwendung^{191,230,252}.

Sogenannte Sekundärtransporte werden überwiegend von Intensivtransporthubschraubern (ITH) durchgeführt. Hierbei handelt es sich um die Verlegung eines Patienten von einer Klinik in eine andere^{191,230,252}. Die Ausstattung der ITH ist speziell für den Transport und die Überwachung von intensivpflichtigen Patienten konzipiert. Im Unterschied zum RTH kann der ITH auch bei Nacht eingesetzt werden, da er nicht an unbekanntem Orten landen muss, sondern die gut ausgeleuchteten Landeplattformen der Krankenhäuser nutzen kann.

Besonders hohe Kosten bei der Luftrettung entstehen durch die Vorhaltung der Rettungsmittel. Es ist daher aus ökonomischer Sicht sinnvoll, die Hubschrauber möglichst häufig zu nutzen, da durch zusätzliche Einsätze kaum zusätzliche Kosten entstehen. Darum werden viele RTH heute gleichzeitig auch als ITH in Dienst gestellt. Dieses sogenannte *dual use*-System führt zu einer deutlich besseren Auslastung. Im Hinblick auf die zunehmende Abwanderung der Krankenhäuser und der Ärzteschaft aus ländlichen Regionen und die damit einhergehende Unterversorgung auf dem Lande ist eine häufigere Anwendung des RTH auch aus medizinischer Sicht indiziert. Da der RTH vor allem weitere Strecken schnell überwinden kann, ist er für den Einsatz in ruralen Gegenden gut geeignet^{191,254}. Ein RTH ist in etwa zwei Minuten einsatzbereit und erreicht dank der flächendeckenden Stationierung und seines Einsatzradius von etwa 50 km den Einsatzort in maximal 15 Minuten²³⁰. Er wird vor allem dann eingesetzt, wenn die Einsatzstelle mit einem bodengebundenen Rettungsdienst aufgrund verkehrstechnischer (z.B. Stau) oder geographischer Hindernisse nur schwer zu erreichen ist oder mehrere Verletzte auf einmal zu versorgen sind. Außerdem ermöglicht er einen besonders schonenden und schnellen Transport in eine weiter entfernte Spezialklinik (z.B. bei Wirbelsäulenverletzungen). Die Nutzung eines RTH ist allerdings auch mit einigen Einschränkungen verbunden. Bei schlechten Witterungsbedingungen kann er nicht eingesetzt werden, da der Pilot beim Start und

bei der Landung auf gute Sichtverhältnisse angewiesen ist. Aus dem gleichen Grund kommen die meisten RTH nur bei Tageslicht zum Einsatz. Derzeit wird geprüft, ob die Einsatzzeiten unter Zuhilfenahme von modernen Nachtsichtgeräten auf Rettungseinsätze in der Nacht ausgeweitet werden können. Weitere Nachteile sind die Vibrationen, der Lärmpegel von etwa 90 dB sowie die räumliche Enge, die eine Behandlung des Patienten während des Fluges fast unmöglich machen. Daher wird die Indikation von Eingriffen wie das Legen einer Thoraxdrainage und die Intubation vor Flugantritt großzügig gestellt. Trotz dieser Mängel gibt es kaum eine Kontraindikationen für einen Transport im RTH^{191,230,257}.

Im Vergleich zu den bodengebundenen Rettungsmitteln wird der RTH besonders häufig zur Versorgung komplexer Krankheitsmuster eingesetzt. Bei 35% der Patienten, die durch einen RTH gerettet werden, liegt ein Trauma vor. Davon sind 14% polytraumatisierte Patienten. Ausgesprochen häufig sind auch kardiozirkulatorische (28,4%) und neurologische Notfälle (19,5%) sowie Kindernotfälle (12,9%)^{191,258}.

1.3.1.6 Situation in Münster

Das Universitätsklinikum Münster (UKM) ist ein Haus der Maximalversorgung mit angeschlossenen überregionalem Traumazentrum (Level I). Dieses wird vor allem von den beiden in Lünen und Rheine stationierten RTH und dem in Greven stationierten ITH angefliegen. Allein in der chirurgischen Klinik stehen 106 Betten zur weiteren Versorgung zur Verfügung.

Als überregionales Traumazentrum nimmt das UKM eine zentrale Rolle bei der Versorgung schwerverletzter Patienten ein und ist daher auch Initiator des Traumanetzwerks Nord-West⁵¹. Im Zusammenschluss mit 42 anderen Krankenhäusern deckt es eine Fläche von 27.000 km² mit ca. 8 Millionen Einwohnern ab^{50,217}.

1.3.2 Niederländisches Rettungssystem

Das Rettungssystem der Niederlande beruht auf der Grundlage des anglo-amerikanischen Systems¹⁴¹. Abgesehen von wenigen Ausnahmen wird bei der Traumapatientenrettung meist das Prinzip von Scoop and Run angewendet^{163,360}. Bei diesem ist die oberste Prämisse, den Patienten so schnell wie möglich in ein für ihn geeignetes Krankenhaus zu transportieren. Die Behandlungszeit am Unfallort wird auf ein Minimum reduziert. Im Gegensatz zu Deutschland kommen Notärzte hier nicht regelmäßig, sondern nur in Ausnahmesituationen zum Einsatz^{141,299}. Die meisten Rettungseinsätze werden von *ambulanceverpleegkundigen* und *ambulancechauffeurs* (dt. Ü.: Rettungsfahrer) durchgeführt. Daher bezeichnet man diese Form des Rettungsdienstes auch als Paramedic-System^{152,299}.

Das heute gut organisierte System in den Niederlanden existiert noch nicht lange. Bis 1971 gab es keine gesetzlichen Vorschriften zur Regelung des Rettungsdienstes. Es war den Städten und Gemeinden selbst überlassen für eine Notfallrettung zu sorgen. In den Städten waren meist Gesundheitsämter und die Feuerwehr für die Versorgung Verletzter zuständig. In den ländlichen Regionen teilten private Unternehmer wie Taxibetriebe und Autohausbesitzer den Transport der Patienten unter sich auf. Zunehmend wurde ein Qualitätsunterschied in der Versorgung zwischen den Städten und dem Land festgestellt^{215,299,360,381}. Um dieser Entwicklung zu begegnen wurde 1971 das Wet ambulancevervoer (WAV) (dt. Ü.: Rettungsdienstgesetz) verabschiedet und bis zum Jahre 1979 stufenweise umgesetzt. Ein wichtiges Ziel des Gesetzes war die flächendeckende Einrichtung von Leitstellen zur besseren Koordinierung der Rettungseinsätze. Es wurde außerdem festgelegt, dass innerhalb von 15 Minuten nach Notrufeingang, ein Rettungsmittel den Einsatzort erreicht haben muss. Dies hatte eine gleichmäßige Verteilung der Stationierungspunkte über die gesamten Niederlande zur Folge. Darüber hinaus wurden Bestimmungen zu Ausstattung der Einsatzwagen sowie zum Ausbildungsstand des Personals verabschiedet, um gewisse Standards bei der Patientenrettung zu gewährleisten. Das Personal musste von nun an mindestens einen Kurs in Erster Hilfe absolviert haben und einen Führerschein besitzen²⁹⁹. Bereits Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts waren jedoch fast alle Personen, die für die Patientenrettung zuständig waren, ausgebildete Krankenpfleger, obwohl dies erst 1992 gesetzlich vorgeschrieben wurde^{20,26,381}. Zur gleichen Zeit wurde in den Niederlanden über ein integriertes Versorgungssystem diskutiert. Es sollten feste Ablaufregeln entwickelt und die Kommunikation zwischen den präklinischen Partnern verbessert

werden, um die Behandlung von Unfallopfern effizienter zu gestalten³⁷⁷. Von ärztlicher Seite wurden Protokolle entwickelt, die dem Rettungspersonal am Einsatzort als Leitlinie für Diagnostik und Therapie zur Verfügung gestellt wurden²⁰. Dadurch konnte eine standardisierte und qualitativ hochwertigere Versorgung erreicht werden. Im Zuge der Reformen wurden im Jahre 1999 die Niederlande in zehn Traumaregionen eingeteilt. In jeder Region wurde ein Krankenhaus der Maximalversorgung als Traumazentrum deklariert. Eine Ausnahme bildet heute lediglich das Ballungsgebiet von Amsterdam, in dem im Jahre 2008 ein zweites Traumazentrum entstand. Diese elf Zentren sind vor allem für die Koordinierung der Traumaversorgung in der Region zuständig. Alle Patienten mit einer schweren Verletzung werden seither vom Unfallort direkt in eines der Traumazentren oder in eine für ihre Verletzung entsprechend ausgestattete Klinik und nicht mehr unbedingt in das nächstgelegene Krankenhaus gebracht^{41,132,355,360,377}.

1.3.2.1 Gesetzliche Grundlagen

In den Niederlanden existieren heute verschiedene Institutionen, Organisationen und Gesetze, die sich um die Regelung im Rettungssystem kümmern. Diese sind unter der Dachorganisation Ambulancezorg Nederland (AZN), die 2008 gegründet wurde, zusammengefasst²¹⁵. Sie gibt Richtlinien für die einheitliche Ausstattung der Rettungswagen sowie die Ausbildung des im Rettungsdienst tätigen Personals vor und ist zudem für die Ausbildung des nichtärztlichen Personals zuständig^{28,381}.

Das Wet op de beroepen in de individuele gezondheidszorg (Wet BIG; dt. Ü.: Gesetz der Berufe in der individuellen Gesundheitsversorgung) beschreibt die Handlungen, die ausschließlich von medizinischem Personal erbracht werden dürfen. Ärzte sind dazu befugt, die im Gesetz gelisteten Handlungen selbstständig durchzuführen. Das Pflegepersonal hingegen zählt zu den nicht-selbstständig Befugten. Sie dürfen die gelisteten Handlungen lediglich im Auftrag eines selbstständig Befugten ausführen⁵⁶. Im rettungsdienstlichen Alltag bedeutet das, dass der *ambulanceverpleegkundige* zwar einen Notfallpatienten selbstständig, formal aber im Auftrag eines Arztes behandelt. Die Pflicht des Arztes ist, sich vorher davon zu überzeugen, dass der in seinem Auftrag Handelnde auch die entsprechenden fachlichen Kompetenzen aufweist, um den Auftrag *lege artis* ausführen zu können²⁷⁰.

Da es in der Praxis nicht möglich ist, vor jedem Rettungseinsatz die Erlaubnis eines Arztes einzuholen, wird in den Niederlanden mit landeseinheitlichen Diagnostik- und

Therapieprotokollen gearbeitet⁴⁷. Diese Protokolle, die sich stark an den Regeln der amerikanischen Schulungskonzepte von ATLS und PHTLS orientieren¹⁵², dienen als juristische Grundlage für den Behandlungsauftrag des Arztes an nichtärztliches Personal. Anhand von Flussdiagrammen werden die Diagnostik und die entsprechend anschließende Therapie beschrieben. Die durch diesen Leitfaden aufgestellten Vorgaben müssen von den Rettungssanitäter am Einsatzort eingehalten werden. Eine Abweichung von der im Protokoll beschriebenen Vorgehensweise ist lediglich in Ausnahmefällen gestattet^{270,360}.

1.3.2.2 Organisation

Das Rettungssystem der Niederlande ist seit 2000 in 25 Gebiete aufgeteilt. Jedes ist mit einer Regionale Ambulancevoorziening (RAV) (dt. Ü.: regionale Rettungsversorgung) sowie einer eigenen *meldkamer* (dt. Ü.: Rettungsleitstelle) ausgestattet^{85,152,215,305}. In allen Regionen zusammen existieren 80 verschiedene Rettungsdienste³⁶⁰, welche wiederum zu etwa 80% in privater Hand liegen. Daneben betreiben das Rote Kreuz und einzelne Krankenhäuser jeweils 5% der Rettungsdienste. In seltenen Fällen treten auch Gemeinden als Träger auf²⁹⁹.

In den Niederlanden wurden im Jahre 2012 725 Rettungsfahrzeuge vorgehalten, was einem Verhältnis von etwa 4,3 Fahrzeugen pro 100.000 Einwohner entspricht. Die im seit 2013 geltenden Tijdelijke wet ambulancezorg (Twaz) (dt. Ü.: befristetes Rettungsdienstgesetz) festgelegte Hilfsfrist bei Notfalleinsätzen von 15 Minuten kann in 95% der Fälle eingehalten werden⁸⁵. Lange Anfahrtswege finden sich lediglich in den ländlichen Regionen im Nord- und Südwesten, da dort die Rettungsfahrzeugdichte besonders gering ist. In den anderen, sehr dicht besiedelten Gebieten entstehen Verzögerungen vor allem durch überlastete Straßen^{41,360}.

In den Niederlanden kann hinsichtlich der Dringlichkeit zwischen drei Einsatzarten unterschieden werden^{85,152,381}. Notfalleinsätze können in Kategorie A1 mit direktem Ausrücken, Nutzung des akustischen und optischen Signals sowie Ankunft am Einsatzort innerhalb von 15 Minuten³⁹ und in Kategorie A2 mit direktem Ausrücken, ohne Nutzung des akustischen und optischen Warnsignals und Eintreffen am Unfallort innerhalb von 30 Minuten eingeteilt werden². Von diesen Einsätzen zu unterscheiden sind die planbaren Krankentransporte der Kategorie B⁴.

Seit dem Jahre 1999 werden wie in Deutschland die niederländischen Krankenhäuser in unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Diese Einteilung erfolgt anhand der diagnostischen und therapeutischen Leistungsfähigkeit des jeweiligen Krankenhauses. In den Niederlanden existieren momentan 11 sogenannte Level I Traumazentren^{30,41}. Sie sind im Land so angeordnet, dass sie von 95% der Bevölkerung innerhalb einer Stunde erreicht werden können^{85,152,360,377}.

1.3.2.3 Rettungsdienstliche Infrastruktur

In den Niederlanden gibt es seit Mitte der 80er Jahre die einheitliche Notrufnummer 06-11, um Feuerwehr, Polizei oder den Rettungsdienst zu alarmieren^{20,299}. Seit 1997 kann mit der europaweiten Einführung der 112 als Notrufnummer die *meldkamer* erreicht werden^{26,215,360,381}. Der Anrufer wird dann an eine der 25 regionalen Rettungsleitstellen weitergeleitet. Die Leitstellen koordinieren landesweit über eine Million Notfalleinsätze und Krankentransporte pro Jahr^{29,152,215}. Sie müssen rund um die Uhr mit mindestens einer Pflegekraft besetzt sein. Ihre Aufgabe besteht darin, Notrufe entgegen zu nehmen und anhand eines Fließschemas zu entscheiden, welche und wie viele Rettungsmittel disponiert werden müssen und um welche Dringlichkeitsstufe (A1, A2, B) es sich handelt. Zudem sind sie für die Dokumentation der Einsatzdaten zuständig^{299,360,381}. Unterstützung bei der Auswahl der richtigen Einsatztaktik erhält das Personal zunehmend durch computerbasierte Entscheidungshilfen¹⁹³. Die in der Leitstelle tätigen Pflegekräfte müssen nicht zusätzlich eine Rettungsausbildung vorweisen, haben aber eine Weiterbildung als Leitstellendisponent erfahren. Ärzte sind in den Leitstellen lediglich als Leiter und Berater für medizinische Fragen angestellt²⁹⁹.

1.3.2.4 Personal im Rettungsdienst

Ein notarztgestütztes System wie in Deutschland existiert in den Niederlanden nicht. Notärzte werden nur in Ausnahmefällen zur Notfallrettung hinzugezogen. Dem nichtärztlichen Personal wird daher eine große Verantwortung übertragen^{299,360}.

1.3.2.4.1 Ambulance-Team (AMBU-Team)

Bei Rettungseinsätzen kommt stets ein sogenanntes AMBU-Team (dt. Ü.: Rettungsteam), bestehend aus einem *ambulancechauffeur* und einem *ambulanceverpleegkundige*, zum Einsatz^{24,299,360}.

Der *ambulancechauffeur* hat eine ähnliche Qualifikation wie der Rettungssanitäter in Deutschland. Seine Hauptaufgabe ist das Fahren, Pflegen und Warten des Rettungsfahrzeugs. Darüber hinaus ist er in Basic Life Support (BLS) ausgebildet und dadurch in der Lage, den *ambulanceverpleegkundige* bei dessen Arbeit zu unterstützen. Die von der AZN vorgeschriebenen Voraussetzungen für die Tätigkeit als *ambulancechauffeur* sind ein gültiger Führerschein und ein einjähriges Praktikum, wovon an 32 Tagen theoretischer Unterricht stattfindet^{215,270}.

Die Ausbildung zum *ambulanceverpleegkundige* wird ebenfalls von der AZN geregelt und durchgeführt²⁹⁹. Voraussetzung ist eine abgeschlossene Krankenpflegeausbildung sowie eine Fahrerlaubnis. Zusätzlich haben die meisten eine zweijährige intensivmedizinische bzw. anästhesistische oder kardiologische Weiterbildung absolviert^{215,360,381}. Die Ausbildung selbst dauert insgesamt sieben Monate und ist in einen Theorie- und einen Praxisblock aufgeteilt²⁷. Inhaltliche Schwerpunkte sind das Erlernen präklinischer Notfallmedizin auf international anerkanntem PHTLS-Niveau und die Durchführung invasiver Maßnahmen^{309,360}. Mit Hilfe der Protokolle werden die Diagnosestellung und der dazugehörige Therapieansatz erlernt. Daneben werden auch Kenntnisse im Bereich Einsatztaktik, Kommunikation und Triage vermittelt. Abschließend findet eine theoretische und praktische Prüfung statt. Danach müssen pro Jahr sechs Tage Fortbildung nachgewiesen werden. Eine sogenannte Rezertifizierung findet alle 5 Jahre statt. Hierbei müssen Nachschulungen für PHTLS und Advanced Pediatric Life Support (APLS) absolviert und mit einem Examen abgeschlossen werden^{38,215,270,360}.

Aufgrund des umfassenden Trainings der *ambulanceverpleegkundigen* sind sie in der Lage, sehr selbstständig und unabhängig zu arbeiten^{360,381}. Daher werden sie auch häufig mit dem amerikanischen Paramedic verglichen. Während des präklinischen Einsatzes folgen sie festgelegten Algorithmen. Ihre Kompetenzen und Befugnisse erstrecken sich laut BIG dabei von Reanimation und Defibrillation über das Legen venöser Zugänge, die Durchführung endotrachealer Intubation ohne Narkose und künstlicher Beatmung bis hin zur medikamentösen Therapie (z.B. Adrenalin, Lidocain etc.)^{56,360,381}. Auch die Entscheidung, welcher Patient in welches Krankenhaus

transportiert wird (Triage), obliegt den *ambulanceverpleegkundigen*. Chirurgische Eingriffe und die Einleitung einer Narkose dürfen nicht durchgeführt werden. In Notfallsituationen, in denen solche Eingriffe indiziert sind, muss ein *Mobiel Medisch Team* (MMT) (dt. Ü.: mobiles Ärzteteam) zur Unterstützung angefordert werden^{360,381}.

1.3.2.4.2 Mobiel Medisch Team (MMT)

In jedem der elf niederländischen Traumazentren ist jeweils ein Mobiel Medisch Team (MMT) stationiert. Einem MMT gehören ein Arzt (meist Anästhesist oder Chirurg), ein spezialisierter *ambulanceverpleegkundige* und ein *ambulancechauffeur* beim bodengebundenen bzw. ein Pilot beim luftgestützten Transport an^{5,85,360,381}. Der Arzt muss mindestens das zweite Weiterbildungsjahr absolviert haben²¹⁵. Einheitliche Ausbildungsvorschriften für einen im Rettungsdienst tätigen Arzt gibt es zwar nicht²⁹⁹, dennoch sind viele speziell in Notfallmedizin fortgebildet. Die Notärzte, die luftgestützt zum Unfallort gebracht werden, müssen hingegen eine abgeschlossene Facharztausbildung sowie ein intensives Notfalltraining vorweisen^{12,215,307,360}.

MMT sind rund um die Uhr verfügbar. Sie werden zu Hilfe gerufen, wenn die am Unfallort benötigten medizinischen Maßnahmen die Kompetenzen des AMBU-Teams überschreiten. Dies ist vor allem bei Großschadensereignissen, bei Narkosebedarf und bei der Rettung eingeklemmter Personen der Fall, bei der eine Notamputation unumgänglich ist^{152,349,381}. Das MMT wird wie alle anderen im Rettungsdienst tätigen Einsatzkräfte von einer Leitstelle disponiert. Je nach Notfallsituation wird es entweder direkt beim Erstanruf alarmiert oder bei Bedarf vom Einsatzort aus nachgefordert^{152,381}. Notärzte kommen außer während der Tätigkeit in einem MMT bei Rettungseinsätzen in den Niederlanden nicht regelhaft zum Einsatz. Ihr Betätigungsfeld ist die Leitung oder medizinische Beratung einer Leitstelle und das Erstellen und Erneuern der Einsatzprotokolle, anhand derer die *ambulanceverpleegkundigen* ihre Patienten behandeln^{270,299}.

1.3.2.5 Rettungsmittel

1.3.2.5.1 Bodengebundene Rettungsmittel

Im niederländischen Rettungsdienst kann zwischen zwei Fahrzeugtypen unterschieden werden. Fahrzeuge, die vorwiegend bei Notfall- und Rettungseinsätzen Anwendung

finden, werden als *ambulance* bezeichnet. Sie haben eine speziell für die Notfallrettung ausgelegte Ausstattung, die vergleichbar mit der eines deutschen RTW ist. Der Innenraum bietet genug Platz, um einen Patienten auch während des Transports untersuchen und behandeln zu können. Davon abzugrenzen sind reine Krankentransportfahrzeuge, die deutlich weniger Raum und medizinisches Material zur Verfügung stellen. Sie sind mit einem deutschen KTW zu vergleichen. Die Besatzung besteht hingegen immer aus einem *ambulancechauffeur* und einem *ambulanceverpleegkundige*^{11,215,381}.

Für den schnellen Transport des MMT zum Einsatzort werden deutlich kleinere und wendigere Fahrzeuge, die vergleichbar mit dem deutschen NEF sind, genutzt (s. Abb. 5). Sie sind mit allen wichtigen Notfallutensilien ausgestattet, aber nicht für den Transport eines Patienten geeignet^{3,151,215}.



Abb. 5: MMT Fahrzeug³⁴

1.3.2.5.2 Luftrettung

In den Niederlanden gibt es zurzeit vier Luftrettungsstandorte mit je einem Rettungshubschrauber (RTH)^{12,215}. Die Hubschrauber sind an den Traumazentren in Amsterdam, Rotterdam, Nijmegen und Groningen stationiert^{5,12}. Der erste wurde im Jahre 1995 an der Universität in Amsterdam in Dienst gestellt. Die medizinische Ausstattung ist gesetzlich geregelt und mit der in deutschen RTH zu vergleichen. Jedem RTH ist ein MMT fest zugeordnet. Somit ist auch immer ein Notarzt mit an Bord^{289,309}.

Primäre Aufgabe der RTH ist der schnelle Transport des MMT zum Unglücksort, damit mit den Erstmaßnahmen frühzeitig begonnen werden kann^{179,289,307}. Gerade aufgrund der dichten Besiedlung der Niederlande und der damit einhergehenden Verkehrsstörungen wird durch den Lufttransport viel Zeit eingespart¹². Der Patiententransport wird nur selten vom RTH durchgeführt^{289,307}. In mehr als 80% der Fälle wird der Patient unter Notarztüberwachung bodengebunden zu einem geeigneten Krankenhaus zur Weiterbehandlung gebracht³⁶⁰.

Seit es verstärkte Bestrebungen gibt, die Versorgungsqualität weiter zu verbessern, ist auch der RTH zunehmend fester Bestandteil des Rettungsdienstes in den Niederlanden. Im Jahre 2010 kam es landesweit zu über 3800 geflogenen Einsätzen⁵⁷. Jeder Hubschrauber hat einen Einsatzradius von 50 bis 70 km^{289,381}. Von ihren Stationierungspunkten aus können die RTH etwa 75% der Landfläche der Niederlande in maximal 15 Minuten erreichen (s. Abb. 6)^{57,307}. Die restliche Fläche des Landes wird dank guter grenzüberschreitender Zusammenarbeit von den RTH aus Belgien und Deutschland abgedeckt^{1,12}.

Betrieben werden die RTH in Amsterdam, Rotterdam und Nijmegen von der Medical Air Assistance, einer Tochter des niederländischen Automobilclubs Algemene Nederlandse Wielrijdersbond (ANWB). Der am Universitätskrankenhaus Groningen stationierte RTH wird hingegen vom ADAC betrieben^{57,381}. Eine Hubschrauberbereitschaft ist an allen Wochentagen über 24 Stunden gewährleistet^{5,85}. Bei schlechter Witterung muss das MMT hingegen mit bodengebundenen Rettungsfahrzeugen zum Schadensereignis befördert werden^{5,381}.

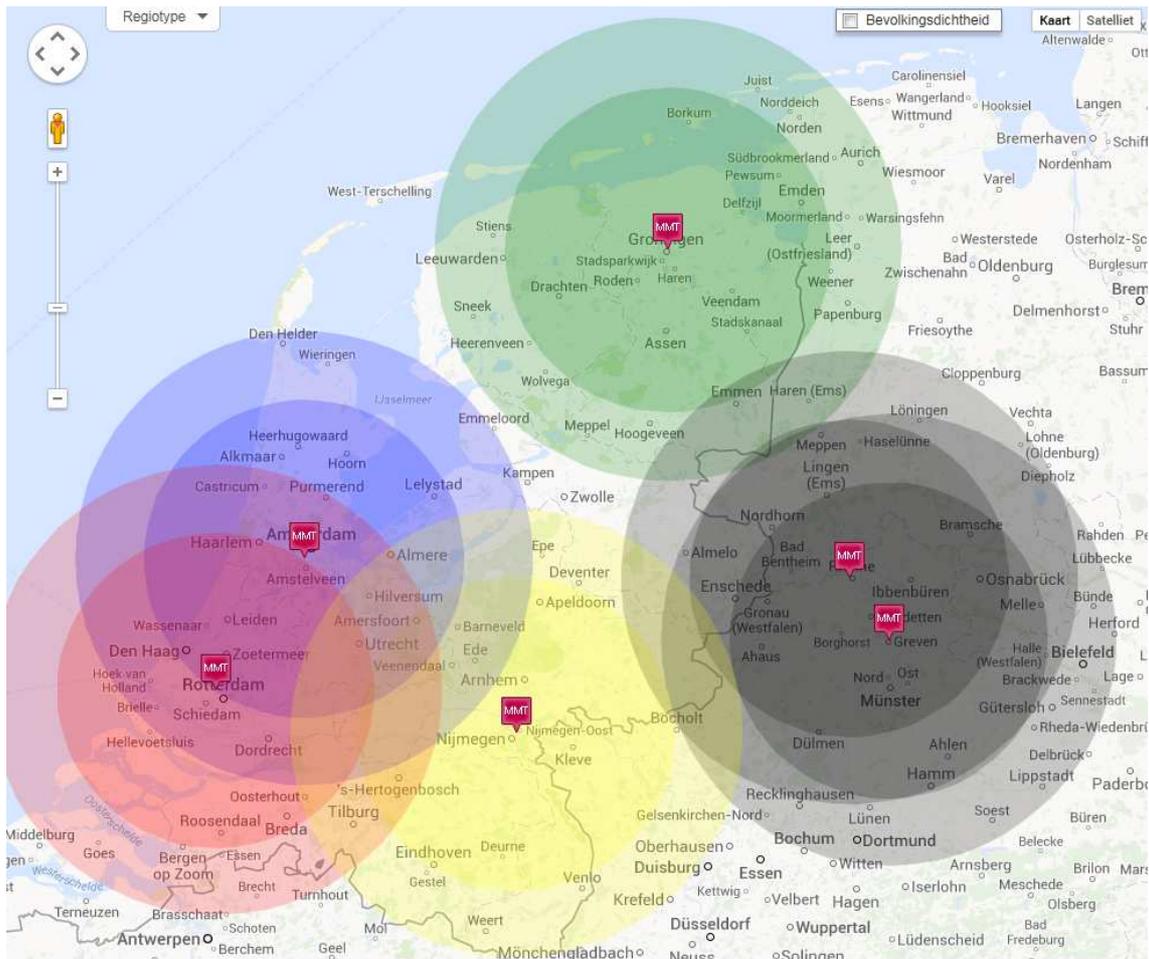


Abb. 6: Einsatzradius, den die in den Niederlanden und der Grenzregion stationierten RTH binnen 15 bzw. 30 Minuten erreichen können.³¹

1.3.2.6 Situation in Enschede

Das Medisch Spectrum Twente (MST) in Enschede ist ein Krankenhaus der Maximalversorgung und gleichzeitig eines der größten nicht-universitären Krankenhäuser in den Niederlanden. Hier stehen allein in der chirurgischen Abteilung 123 Betten zur Verfügung. Gemeinsam mit drei weiteren Krankenhäusern im Verbund bildet es das Level I Traumazentrum EUREGIO^{54,76}. Dieses bedient eine Fläche von 2.092,7 km² auf der etwa 750.000 Einwohner leben¹⁵⁰. Da die Region um Enschede nicht durch einen niederländischen RTH abgedeckt ist, wird das Krankenhaus überwiegend vom in Rheine stationierten RTH angefliegen⁵. Seit Juni 2010 gehört das Traumazentrum EUREGIO offiziell zum Traumanetzwerk Nord-West mit Sitz in Münster¹⁵.

2 Methodik

2.1 Erhobene Einsatzdaten / Auswertung der Einsatzprotokolle

Bei der vorliegenden Untersuchung zum prähospitalen Traumamanagement verstorbener polytraumatisierter Patienten handelt es sich um eine retrospektive Studie.

Die Studie wurde dabei als Gemeinschaftsprojekt zwischen der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Münster und dem Traumazentrum des Medisch Spectrum Twente in Enschede durchgeführt. Beide Kliniken sind Level I Traumazentren.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 01. Juni 2007 bis 31. Dezember 2009. In eine speziell für diese Studie erstellte Datenbank wurden Patientendaten aus Münster und Enschede übertragen. Um eine einheitliche Darstellungsform beider Datensätze zu erhalten, wurden diese soweit möglich mit Hilfe der Transformationsfunktion der verwendeten Statistikprogramme IBM SPSS Statistics 18 und IBM SPSS Statistics 20 oder aber manuell angepasst.

Die Daten aus Münster entstammen dem Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), welches auf Basis des Schockraumprotokolls (s. I.I) erstellt wird. Das Ausfüllen der Papierdokumente wird, ebenso wie das Übertragen der Daten in die Datenbank, von Notärzten vorgenommen. Im Datensatz fehlende Daten wurden mittels Einzelfalluntersuchung soweit vorhanden aus dem ORBIS®-System des Klinikums Münster und dem Einsatzleitrechner der Feuerwehr Münster nacherhoben.

Der Datensatz aus Enschede wurde eigens für diese Studie aus der regionalen Traumaregistrierung der Acute Zorg Euregio zusammengestellt. Die präklinischen Daten entstammen überwiegend dem sogenannten *ritrapport* (dt. Ü.: Fahrtbericht; s. I.II), der mit dem präklinischen Teil des Schockraumprotokolls zu vergleichen ist. Für das Ausfüllen dieser Formulare und für die Übertragung in die Traumaregistrierung sind *ambulanceverpleegkundige* zuständig. Außerdem wurden Daten aus dem Schockraum sowie dem weiteren Klinikaufenthalt genutzt. Im Schockraum werden die Patientendaten entweder vom Pflegepersonal auf einem Papierdokument erfasst und später in die Datenbank überführt oder direkt vom anwesenden Arzt in die

Traumaregistrierung eingegeben. Fehlende Daten wurden durch erneute Überprüfung der Papierformulare manuell ergänzt.

Der gesamte Datensatz wurde abschließend auf Plausibilität der Befundkonstellationen und Zeitangaben geprüft. Waren Parameter nicht angegeben oder fehlerhaft, wurden diese Fälle direkt aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Auch Patienten, bei denen der ISS nicht vorhanden war, wurden ausgeschlossen.

Einsatzdaten der Luftrettung konnten nicht komplettiert werden, da der ADAC diese nicht zu Verfügung stellte.

Folgende Patientendaten konnten zur vergleichenden Auswertung herangezogen werden: Alter, Geschlecht, Unfallzeitpunkt, Notrufeingang, Ausrückzeit an der Wache, Ankunftszeit am Unfallort, Abfahrtszeit vom Unfallort, Ankunftszeit im Schockraum, Art des Transportmittels, Einsatz eines Notarztes, GCS, Vitalparameter, RTS, Durchführung einer Intubation, ISS, Abreviated Injury Scale (AIS), Verletzungsmechanismus, Todesdatum.

Aus der oben genannten Datenbank wurden für die vorliegende Arbeit jene Patienten ausgewählt, welche alle folgenden Kriterien erfüllten:

1. Patienten, die aufgrund eines $ISS \geq 16$ eindeutig als Polytraumapatienten identifiziert werden konnten²³⁶.
2. Patienten, deren Unfall sich im Zeitraum zwischen dem 01. Juni 2007 und dem 31. Dezember 2009 ereignete.
3. Patienten, die auf dem Weg zum oder im Krankenhaus verstarben.

Patienten aus der oben genannten Datenbank, die eines der folgenden Kriterien aufwiesen, wurden aus dem zu untersuchenden Studienkollektiv ausgeschlossen:

1. Patienten, die bereits beim Eintreffen des Rettungspersonals am Unfallort verstorben waren.
2. Patienten, die nicht direkt in eines der beiden Traumazentren in Münster bzw. Enschede gebracht wurden, sondern aus einem anderen Krankenhaus in ein Traumazentrum verlegt wurden.

Nach Durchführung dieser Selektion verblieb ein Studienkollektiv von insgesamt 111 Patienten, wobei 48 aus Münster und 63 aus Enschede stammten.

2.2 Statistische Auswertung und statistische Verfahren

Die Datenerfassung, die statistische Auswertung sowie die graphische Aufbereitung der Ergebnisse erfolgten computergestützt mit Hilfe des Statistikprogramms IBM SPSS Statistics 18 bzw. IBM SPSS Statistics 20.

Ein Statistiker des Instituts für Biometrie und Klinische Forschung des Universitätsklinikums Münster begleitete die statistische Auswertung.

Statistische Gruppenvergleiche wurden unter Anwendung des χ^2 -Tests für nominale Daten und des T-Tests für stetige Daten durchgeführt. Bei ordinalen Daten wurde der U-Test für unabhängige Stichproben nach Mann und Whitney angewendet. Der Vorzeichen-Rang-Test von Wilcoxon für nicht normalverteilte Paardifferenzen wurde für den Vergleich zweier verbundener Stichproben herangezogen.

Bei einem p-Wert $< 0,05$ wurde die Nullhypothese der Gruppengleichheit verworfen und das Ergebnis als statistisch signifikant bewertet. Auffällige p-Werte sollten wegen des explorativen Charakters der Studie nicht als beweisend interpretiert werden.

2.3 Scoring-Systeme

Scoring-Systeme in der Notfallmedizin werden zur Klassifizierung der Verletzungsschwere oder zur Berechnung der Prognose genutzt. Angewendet werden sie zu einer objektiven Einschätzung der Beeinträchtigung des Organismus, zur Qualitätssicherung und Unterstützung der Triage. Erst durch sie wird es möglich, unterschiedliche medizinische Vorgehensweisen zu vergleichen^{89,92}. Obwohl immer wieder neue Scores entwickelt werden, haben sich nur einige in der Praxis durchgesetzt. Zu den in der Notfallmedizin am häufigsten angewendeten Scores zählen der Injury Severity Score (ISS), die Glasgow Coma Scale (GCS) und der Revised Trauma Score (RTS). Auch Scores zur Prognosestellung wie der Trauma Injury Severity Score (TRISS), der physiologische und anatomische Scores kombiniert, werden regelmäßig in Studien gebraucht.

2.3.1 Injury Severity Score (ISS)

Der ISS basiert auf einer anatomisch-morphologischen Grundlage. Er wird international als Goldstandard in der Bewertung von Traumapatienten angesehen²³⁸, da er in enger

Beziehung zur Letalität steht. Seine Berechnung findet auf Grundlage der Abbreviated Injury Scale (AIS) statt. Diese beschreibt Verletzungen abhängig von ihrer Schwere auf einer Skala von 1 bis 6 (s. Tab. 3). Ein niedriger Zahlenwert steht für einen geringen, ein hoher Zahlenwert für einen hohen Verletzungsgrad. Besteht eine letale Verletzung wird der Höchstwert 6 vergeben.

Tab. 3: Bearbeitete Darstellung der Abbreviated Injury Scale nach Baker *et al.*⁶⁸

AIS	Verletzungsschwere
1	Geringe Verletzung
2	Mäßige Verletzung
3	Schwere Verletzung, nicht lebensbedrohlich
4	Schwere Verletzung, lebensbedrohlich
5	Kritische Verletzung, Überleben unsicher
6	Letale Verletzung → Gesamt ISS = 75

Der menschliche Körper wird in sechs Regionen aufgeteilt (Kopf, Gesicht, Brust, Abdomen, Extremitäten, Körperoberfläche). Jede einzelne der Regionen wird vom Untersucher bewertet und je nach Verletzungsschwere mit einem Punktwert belegt. Zur endgültigen Bestimmung des ISS werden die Werte der drei am schwersten verletzten Körperregionen quadriert und miteinander addiert. Der ISS kann daher Werte zwischen 0 bis 75 annehmen. Liegt ein $ISS \geq 16$ vor spricht man von einem Polytrauma²³⁶. Ein AIS von 6 in einer der Regionen wird automatisch einem ISS von 75 zugeordnet. Hohe Werte korrelieren mit einer schweren Verletzung und einer schlechten Überlebensprognose⁶⁸.

2.3.2 Glasgow Coma Scale (GCS)

Die GCS wurde 1974 von Graham Teasdale und Bryan Jennett entwickelt und ist in der heutigen Zeit zur Einschätzung eines akuten neurologischen Defizits die Standardskala. Bei ihrer Anwendung werden die Qualitäten des Bewusstseins in drei Kategorien abgefragt und je nach Eigenschaft Punkte vergeben (s. Tab. 4). Getestet werden die Fähigkeiten, die Augen zu öffnen, eine verbale Reaktion von sich zu geben und eine motorische Reaktion durchzuführen. Die Punkte aus jeder Rubrik werden addiert, sodass jeder Patient mindestens 3, höchstens aber 15 Punkte erhält. Ein niedriger Wert spiegelt einen schlechten Patientenzustand wider^{200,359}. Bei kleinen Kindern, die noch nicht sprechen können, bei geistig behinderten oder desorientierten Menschen ist die GCS nur bedingt einsetzbar.

Tab. 4: Bearbeitete Darstellung der Glasgow Coma Scale nach Teasdale *et al.*³⁵⁹

Parameter	Bewertung	Punkte
Augenöffnen	spontan	4
	auf Anruf	3
	auf Schmerz	2
	keine	1
verbale Reaktion	orientiert	5
	verwirrt	4
	inadäquat	3
	unverständlich	2
	keine	1
Motorik	auf Aufforderung	6
	gezielt auf Schmerz	5
	ungezielt auf Schmerz	4
	Beugesynergismen	3
	Strecksynergismen	2
	keine	1

Die Punktwerte, die mit Hilfe der GCS an einen verletzten Patienten vergeben werden, werden zudem zur Einteilung der Schweregrade eines Schädel-Hirn-Traumas genutzt: Bei einem Summenscore von 13, 14 oder 15 Punkten spricht man von einer leichtgradigen bzw. keiner Einschränkung. Bei 9 bis 12 Punkten handelt es sich um eine mittelgradige und bei 3 bis 8 Punkten um eine schwere Bewusstseinsstörung¹²³. Laut Leitlinien besteht bei einer GCS ≤ 8 die absolute Indikation für eine endotracheale Intubation^{178,281}.

2.3.3 Revised Trauma Score (RTS)

Der RTS basiert auf physiologischen und biochemischen Größen. Er ist eine Fortentwicklung des 1981 von Champion publizierten Trauma-Scores¹¹⁴. Er enthält die drei Variablen Atemfrequenz (AF), systolischen Blutdruck (SBD) zur Diagnose der hämodynamischen Stabilität und die GCS zur Beurteilung des neurologischen Defizits. Die Erhebung der drei Einzelwerte findet in der Regel direkt am Unfallort und erneut beim Eintreffen im Schockraum statt. Der eigentliche RTS wird erst später berechnet. Ein niedriger Wert ist mit einer geringen Überlebenswahrscheinlichkeit assoziiert. Zur Berechnung des Scores wird jeder Parameter der drei Variablen mit einem Punktwert (PW) zwischen 0 und 4 belegt (s. Tab. 5). Diese Punktwerte werden durch regressionsanalytisch ermittelte Koeffizienten gewichtet.

$$\text{RTS} = 0.9368 \times \text{PW}^{\text{GCS}} + 0.7326 \times \text{PW}^{\text{SBD}} + 0.2908 \times \text{PW}^{\text{AF}}$$

Es können RTS-Werte zwischen 0 und 7,8408 resultieren. Niedrige Werte zeigen eine geringe, hohe Scorewerte eine gute Überlebenschance an^{117,168}.

Tab. 5: Gruppierung der Variablen zur Berechnung des RTS nach Champion *et al.*¹¹⁷

Glasgow Coma Scale (GCS)	systolischer Blutdruck (SBP)	Atemfrequenz (AF)	zugeordneter Punktwert (PW)
13-15	>89	10-29	4
9-12	76-89	>29	3
6-8	50-75	6-9	2
4-5	1-49	1-5	1
3	0	0	0

Auf eine RTS-Berechnung wurde verzichtet, wenn eine der Variablen nicht dokumentiert war. Lag hingegen ein systolischer Blutdruck und/oder eine Atemfrequenz von Null vor, wurde eine Berechnung durchgeführt.

2.3.4 Trauma and Injury Severity Score (TRISS)

Der TRISS ist ein Score mit dem die Überlebenschance (P_s) von Traumapatienten berechnet werden kann. Er ist eine Mischung aus Trauma Score und Injury Severity Score und wurde 1981 von Champion veröffentlicht¹¹⁴. Durch seine Nutzung kann ein Vergleich zwischen prognostizierter und tatsächlicher Letalität durchgeführt und die Qualität der Versorgung gemessen werden. In ihn fließen der RTS, der ISS, das Patientenalter sowie der Verletzungsmechanismus ein. Diese Variablen sind in folgender Formel regressionsanalytisch verknüpft:

$$P_s = 1 / (1 + e^{-b})$$

Wobei b berechnet wird durch:

$$b = b_0 + b_1 \times \text{RTS} + b_2 \times \text{ISS} + b_3 \times \text{Altersindex}$$

Tab. 6: TRISS Gewichtungskoeffizienten (aus Major Trauma outcome study¹¹³ modifiziert nach Champion in Trauma Scoring¹¹²)

Koeffizient	Variable	Trauma stumpf	Trauma penetrierend
b_0	Konstante	-0,4499	-2,5355
b_1	RTS	0,8085	0,9934
b_2	ISS	-0,0835	-0,0651
b_3	Alter	-1,7430	-1,1360

Die Exponentialfunktion P_s kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Aus ihr kann die Überlebenswahrscheinlichkeit somit unmittelbar abgelesen werden. Der Wert 0 kommt einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 0%, der Wert 1 einer von 100% gleich. Die Koeffizienten b_0 bis b_3 für stumpfes und spitzes Trauma sind unterschiedlich. Sie wurden mittels einer Regressionsanalyse in der Major Trauma Outcome Study (MTOS)¹¹³ mit vielen tausend Patienten ermittelt. Der Altersindex wird mit 0 gleichgesetzt, wenn der Patient 54 Jahre oder jünger ist. Allen Patienten ab einem Alter von 55 Jahren wird der Altersindex 1 zugeordnet^{94,113}.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenspezifische Daten

3.1.1 Gesamtkollektiv

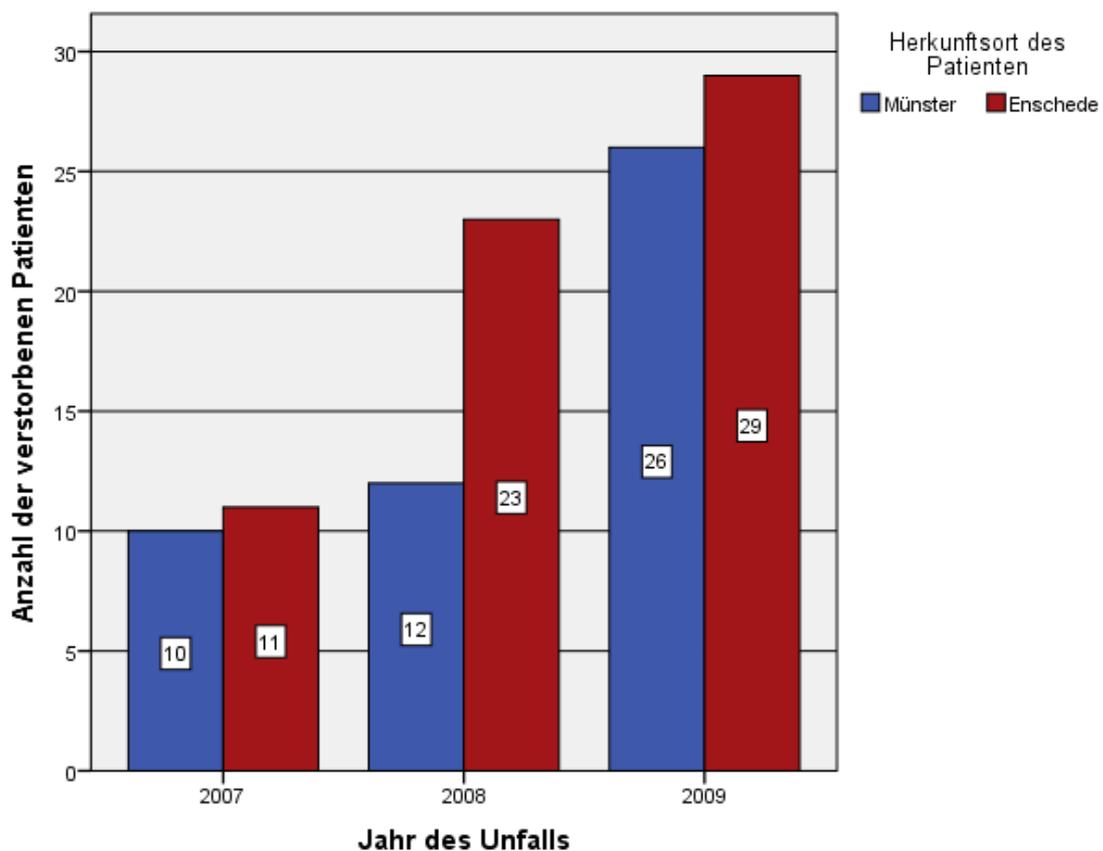


Abb. 7: Anzahl der Unfälle mit Todesfolge in den Jahren 2007, 2008 und 2009

Im Studienzeitraum vom 01. Juni 2007 bis 31. Dezember 2009 konnten von den polytraumatisierten Patienten 48 verstorbene Patienten aus Münster und 63 verstorbene Patienten aus Enschede zur vergleichenden Analyse herangezogen werden.

Abb. 7 zeigt, dass die Zahl der verstorbenen Patienten zwischen 2008 und 2009 in diesem Gesamtkollektiv ansteigt. Besonders deutlich ist diese Steigerung in Münster festzustellen. Zu berücksichtigen ist, dass für das Jahr 2007 die Daten erst ab dem 01. Juni für die Auswertung zu Verfügung standen.

3.1.2 Geschlechterverteilung

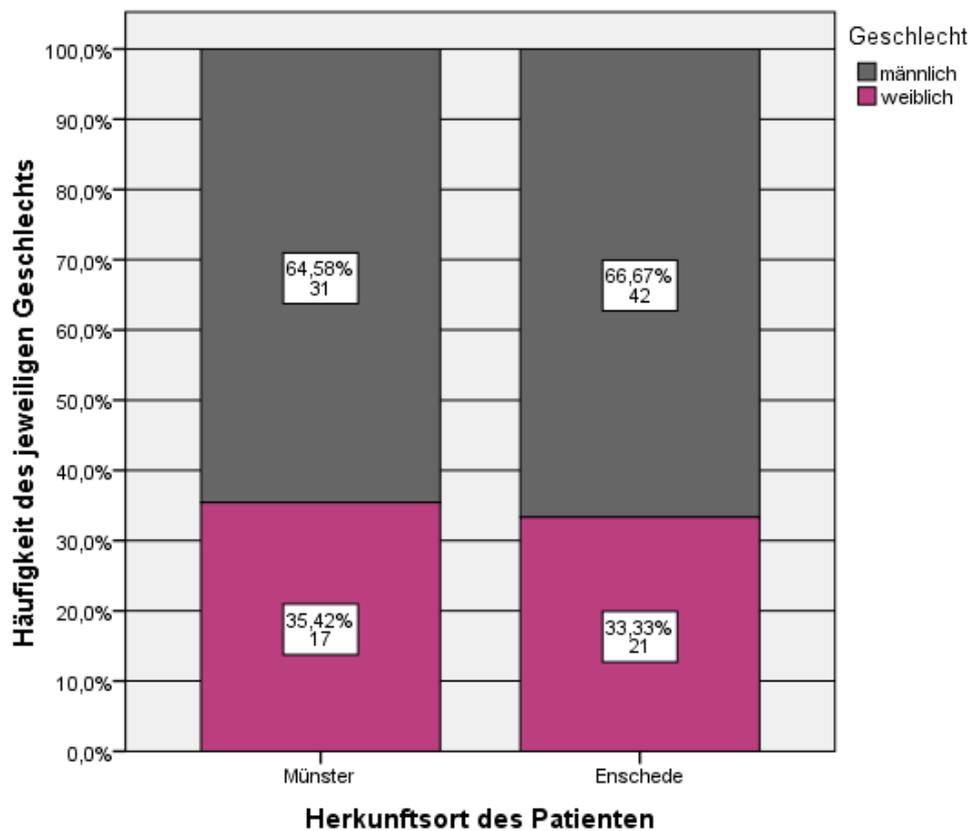


Abb. 8: Geschlechterverteilung

Das Patientenkollektiv setzt sich bei dieser Studie zu zwei Dritteln aus Männern und zu einem Drittel aus Frauen zusammen. Das Kollektiv aus Münster besteht zu 65% (31 Patienten) aus Männern und zu 35% (17 Patientinnen) aus Frauen. In Enschede sind 67% (42 Patienten) der Verstorbenen Männer und 33% (21 Patientinnen) Frauen.

3.1.3 Altersverteilung

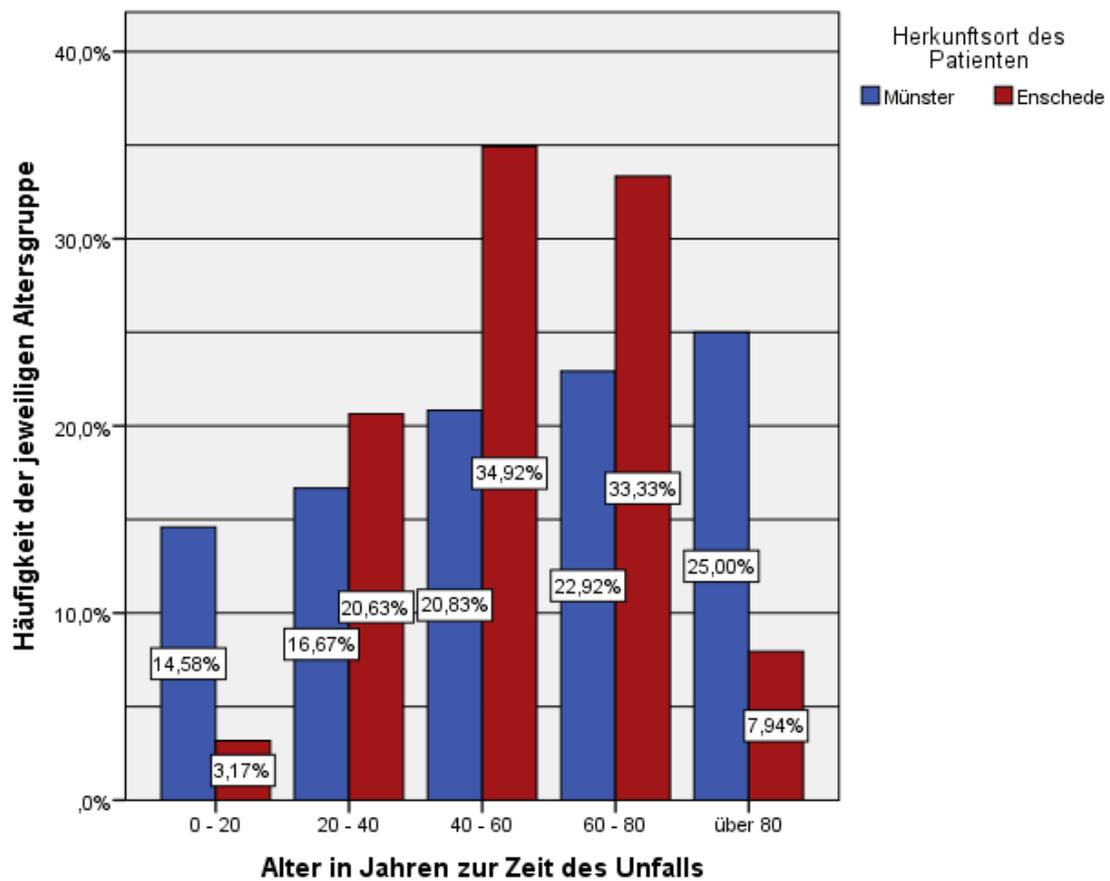


Abb. 9: Altersverteilung

In Münster zeigt sich ein mit dem Alter zunehmender prozentualer Anteil verstorbenen Patienten. Die Verteilung in Enschede stellt sich hingegen weniger gleichmäßig dar. Hier sind zum Unfallzeitpunkt fast 70% des Kollektivs zwischen 40 und 80 Jahren alt. Das Durchschnittsalter der verstorbenen Patienten in Münster beträgt 55 Jahre. Damit sind die Patienten aus Münster nur unwesentlich älter als die aus Enschede mit 54,8 Jahren.

3.2 Unfallhergang, Unfallzeitpunkt und Todeszeitpunkt

3.2.1 Unfallmechanismus

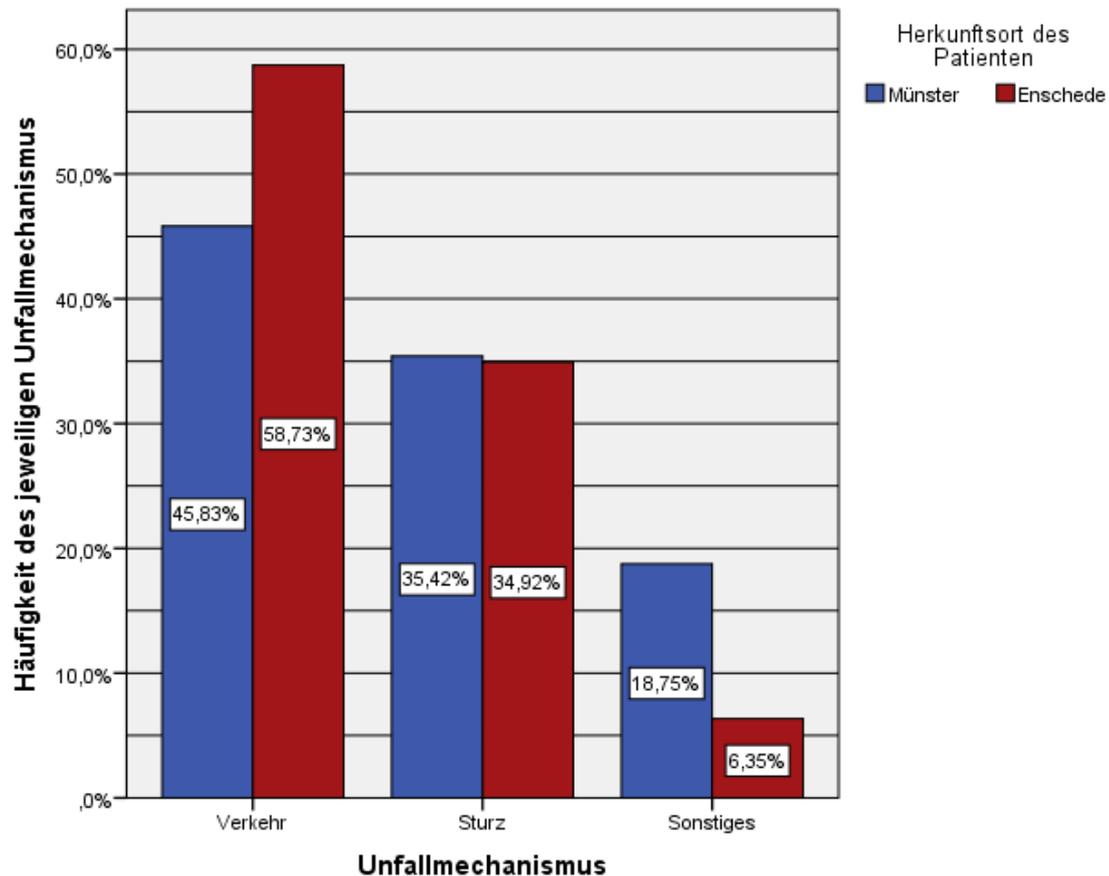


Abb. 10: Verteilung des Unfallmechanismus, der zu dem Polytrauma führte

Die Patienten des untersuchten Kollektivs erlitten ihre Verletzungen infolge unterschiedlicher Ereignisse. In beiden Ländern ist der Straßenverkehr Hauptursache, wobei dies in Enschede (58,7%) noch häufiger als in Münster (45,8%) der Fall ist. Stürze sind in Münster sowie in Enschede bei etwa 35% der Verstorbenen Ursache des Polytraumas.

Aufgrund unterschiedlicher Dokumentation in Münster und Enschede konnte bei der Auswertung lediglich zwischen Verkehrsunfällen, Sturzunfällen und sonstigen Unfällen und nicht - wie sonst üblich - differenzierter unterschieden werden.

3.2.2 Verletzungsart

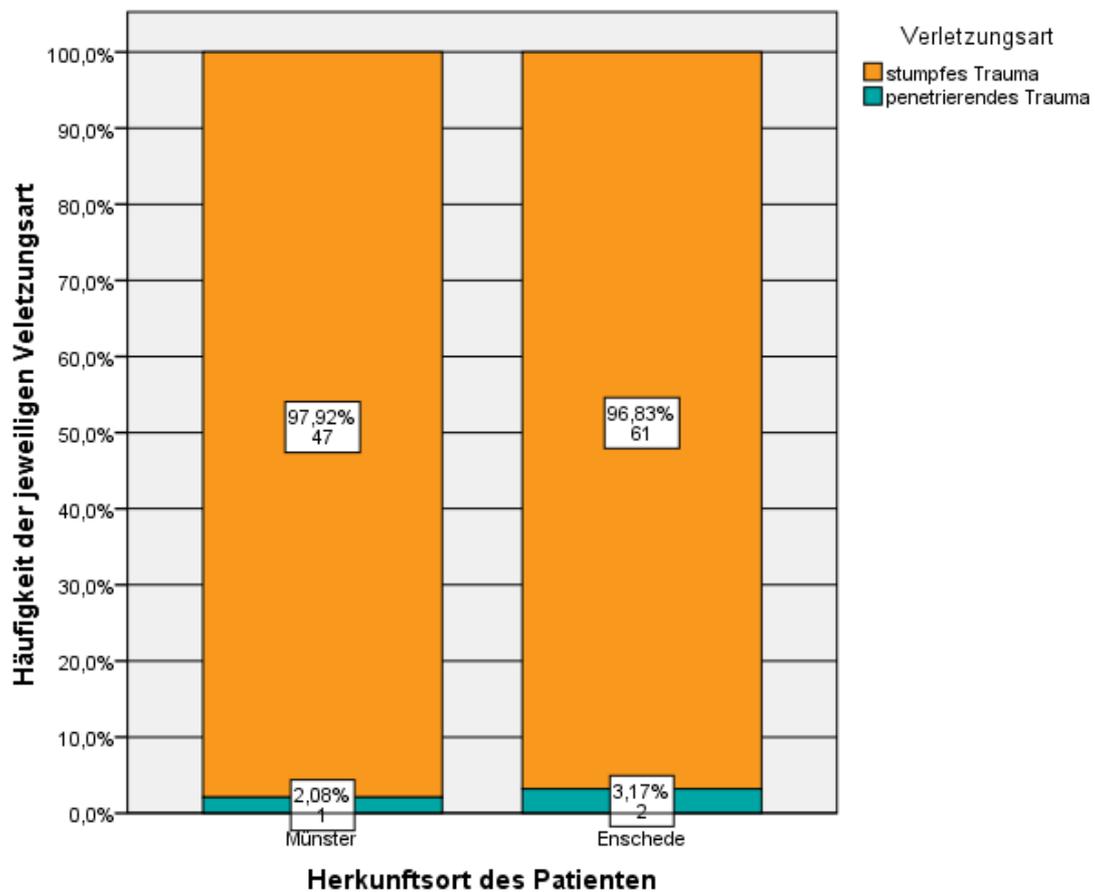


Abb. 11: Verletzungsart

Bei der Verletzungsart wird zwischen stumpfem und penetrierendem Trauma unterschieden. Der Vergleich der beiden Kollektive hinsichtlich der Verletzungsart zeigt, dass sowohl in Münster als auch in Enschede die Patienten fast immer (98% bzw. 97%) von einem stumpfen Trauma betroffen sind.

3.2.3 Unfallzeitpunkt

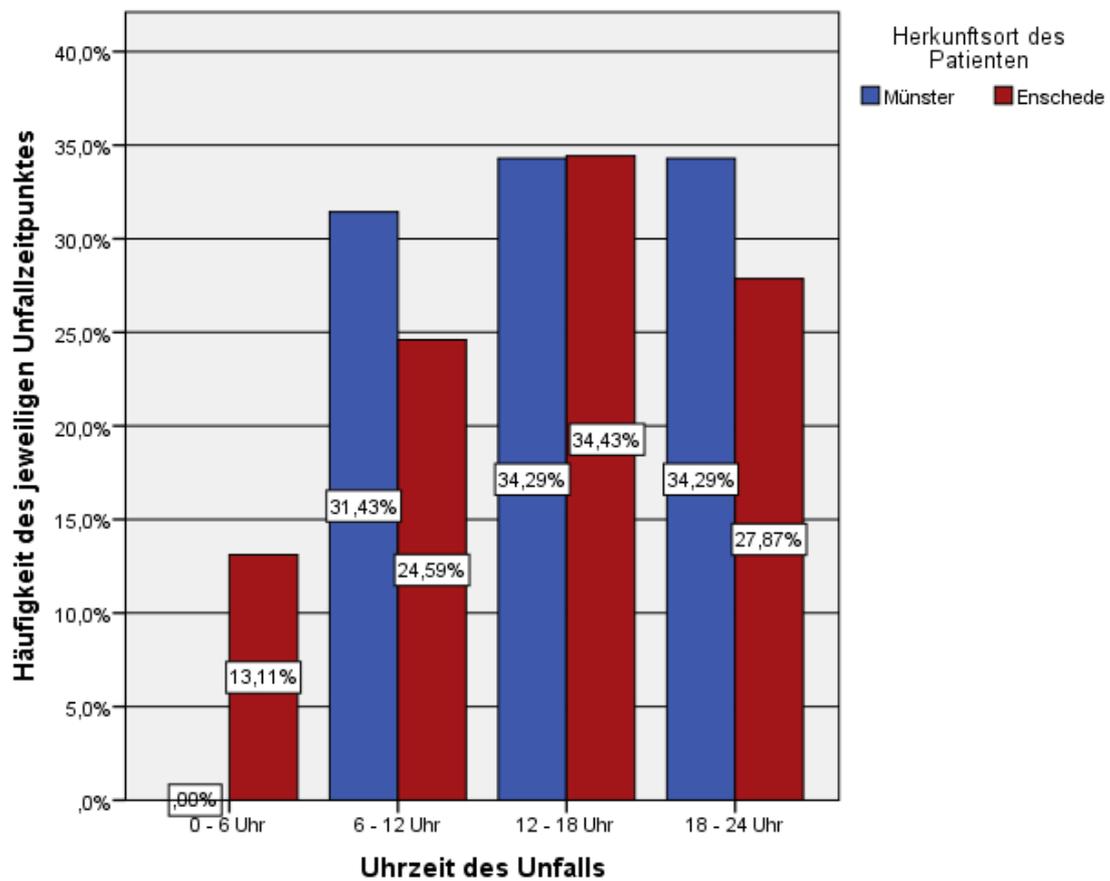


Abb. 12: Tageszeitliche Unterschiede der Unfallereignisse

Die Auswertung der Unfälle hinsichtlich der tageszeitlichen Unterschiede zeigt eine relativ gleichmäßige Verteilung der Schadensereignisse im Tagesverlauf mit 25 - 35%. Einzig zwischen 0 Uhr und 6 Uhr ist das Unfallaufkommen in Enschede, vor allem aber in Münster deutlich geringer.

3.3 Einsatzzeiten, Transportmittel und Arzteinsatz

3.3.1 Einsatzdauer

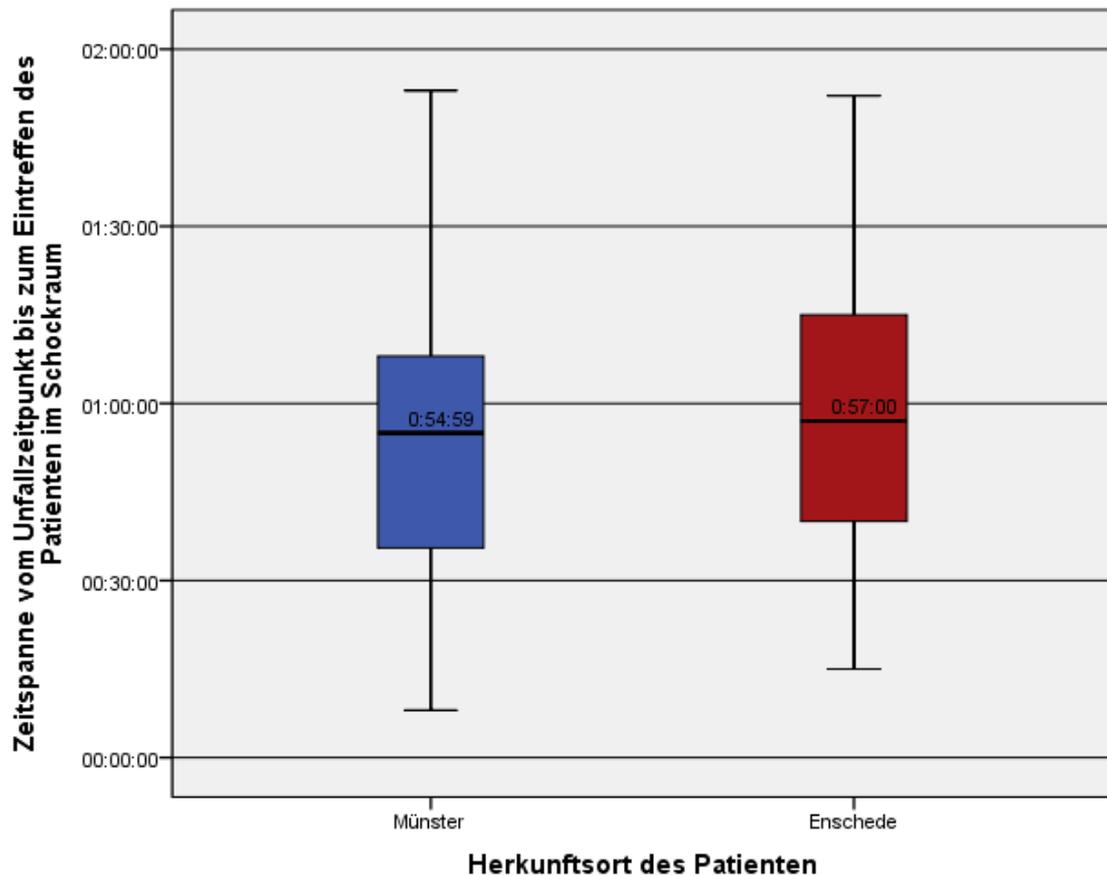


Abb. 13: Dauer eines Einsatzes in Minuten

Die Einsatzdauer wurde als Dauer zwischen Unfallzeitpunkt und Eintreffen des Patienten im Schockraum definiert. Der Median der Zeitdauer zeigt keine signifikanten Unterschiede. Er beläuft sich in Münster auf 55 Minuten und in Enschede auf 57 Minuten.

Die Datenqualität ist vor allem in Münster mangelhaft. Es fehlen 35% (17 Patienten) der Einträge, wodurch für diese Patienten keine Auswertung durchgeführt werden konnten. Im Gegensatz dazu ist der Datensatz aus Enschede nur bei 2 Patienten (3%) unvollständig.

3.3.2 Verweildauer des Rettungspersonals am Unfallort

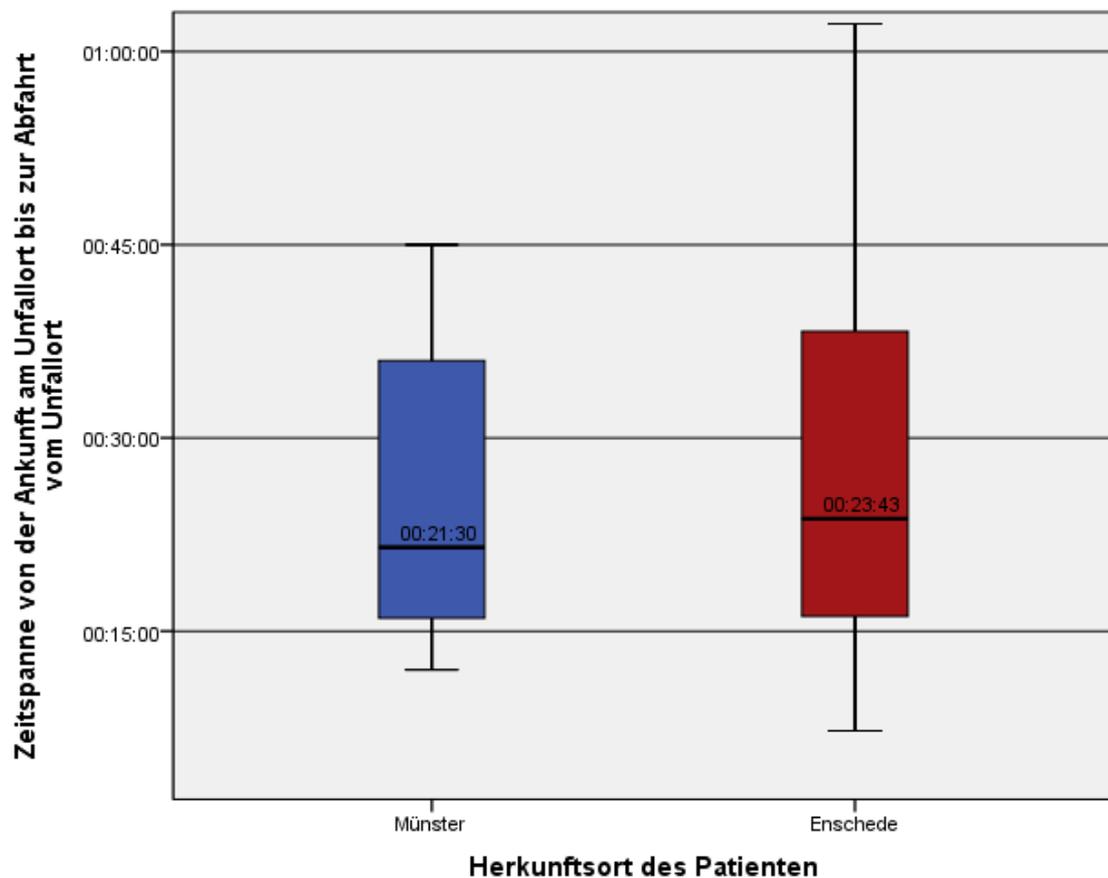


Abb. 14: Verweildauer am Unfallort in Minuten

Beim Vergleich der Verweildauer der Rettungsmannschaften am Unfallort zeigen sich ebenfalls kaum Unterschiede. In der Region um Münster werden am Einsatzort gut 21 Minuten und in Enschede knapp 24 Minuten benötigt.

Auch hier muss auf eine mangelhafte Datenqualität hingewiesen werden, da im Datensatz aus Münster für 38 Patienten (79%) keine Daten vorliegen. In Enschede fehlen immerhin noch die Werte von 31 Patienten (49%).

3.3.3 Transportzeit

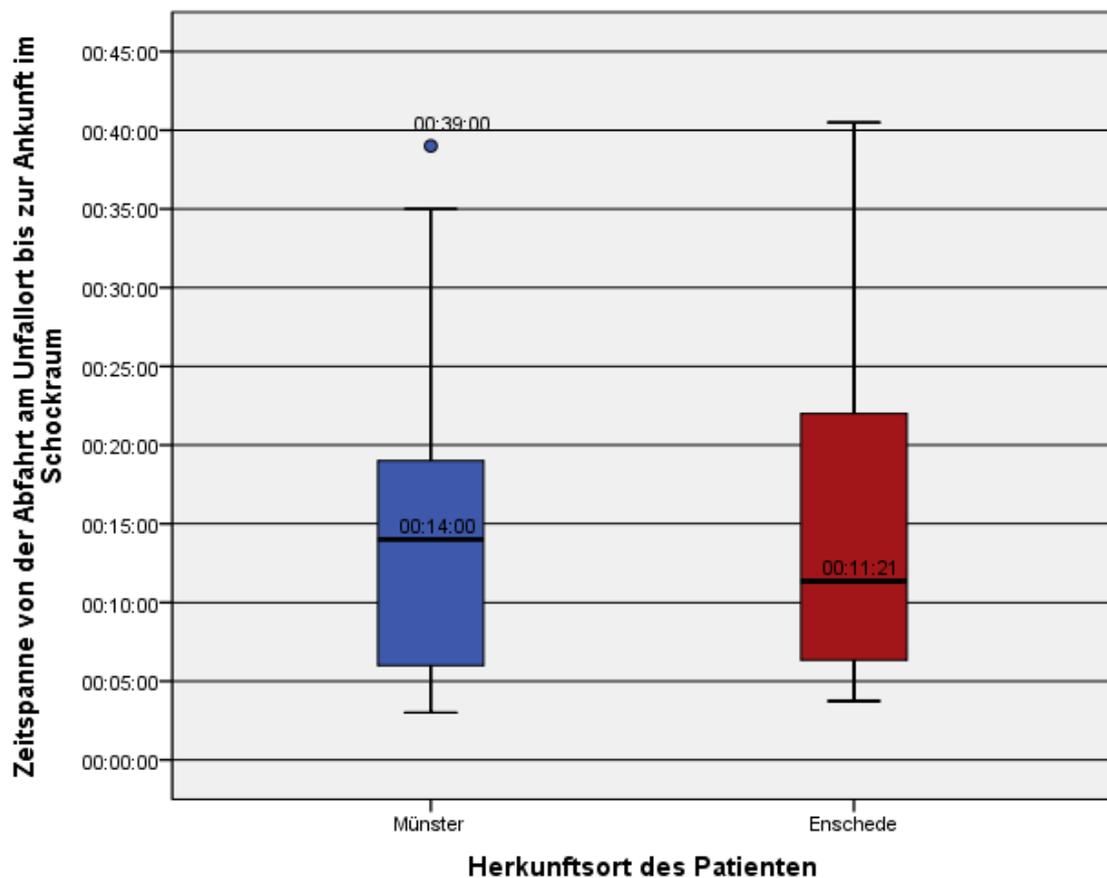


Abb. 15: Transportzeit in Minuten

Ebenfalls kein signifikanter Unterschied zeigt sich bei der Analyse der Transportzeit vom Unfallort in den Schockraum der Traumazentren in Münster respektive Enschede. Dennoch ist festzuhalten, dass die Patienten aus Münster mit 14 Minuten rund drei Minuten länger unterwegs sind als die Patienten aus Enschede mit 11 Minuten.

Zu erwähnen ist wieder die Anzahl an fehlenden Werten. Bei dieser Auswertung konnten in Münster für 14 Patienten (29%) und in Enschede für 33 Patienten (52%) keine Transportzeiten ermittelt werden.

3.3.4 Transportmittel

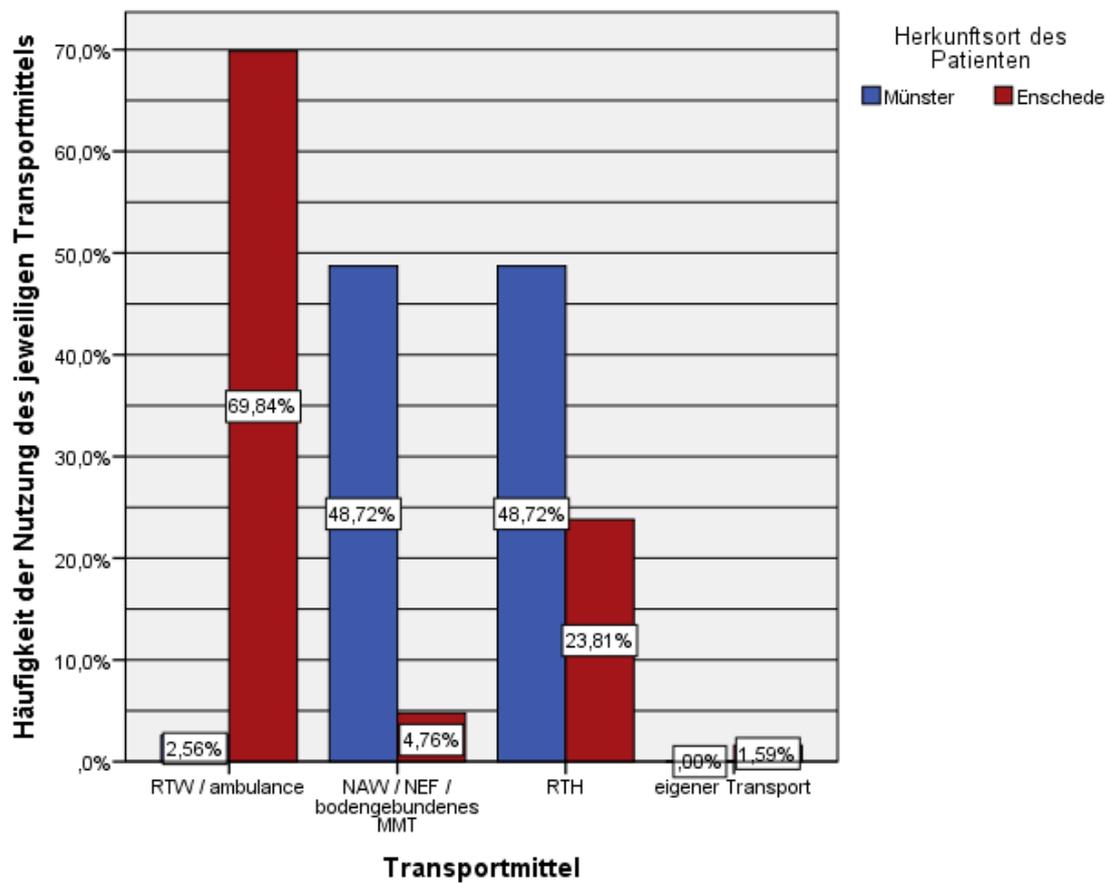


Abb. 16: Zur Rettung eingesetztes Transportmittel

Für die Rettung polytraumatisierter Patienten werden in Deutschland überwiegend NEF (48,7%) und RTH (48,7%), in den Niederlanden hingegen zu fast 70% *ambulances* eingesetzt. Nur in 4,8% der Fälle kommt ein bodengebundenen MMT zum Einsatz. Der RTH wird in Enschede für 23,8% der Einätze genutzt.

Die Unterschiede dieser Analyse sind signifikant. Für 9 Patienten aus Münster liegen für diese Untersuchung keine Daten vor.

3.3.5 Arzteinsatz

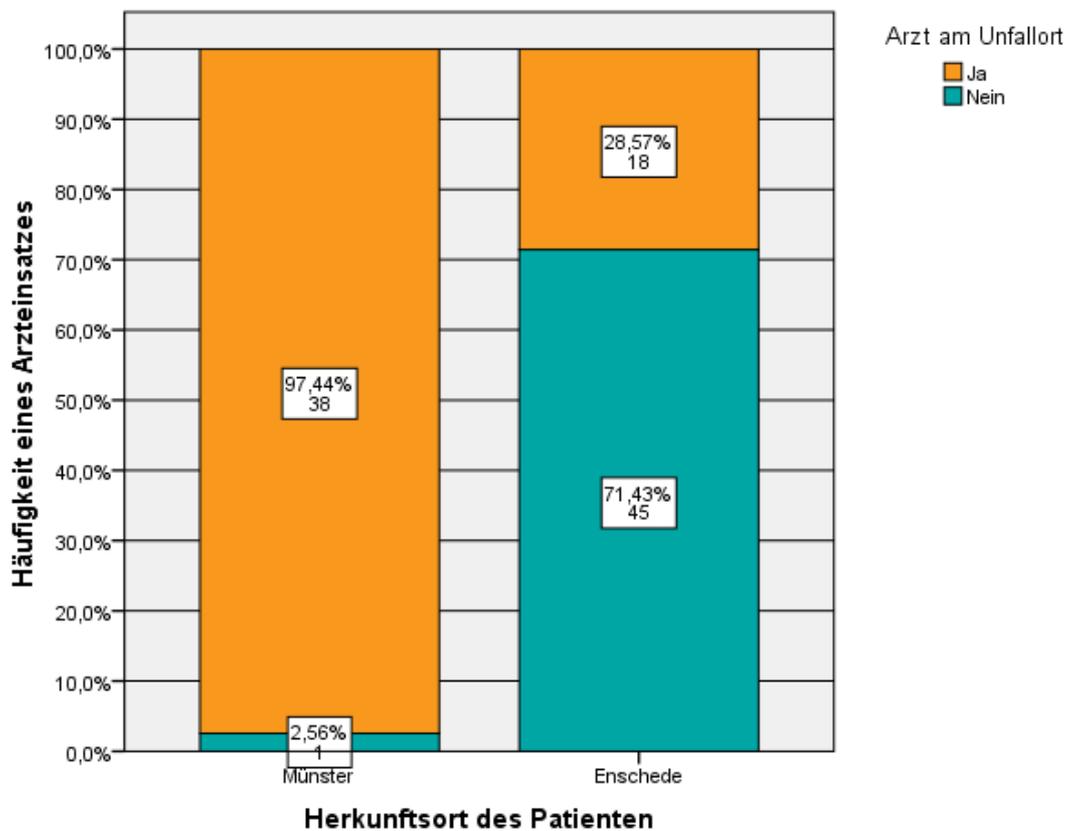


Abb. 17: Häufigkeit eines Arzteinsatzes am Unfallort

Ein Arzteinsatz wurde als solcher gewertet, wenn entweder ein RTH, ein NAW, ein NEF oder ein MMT zum Einsatz kommt. 97,4% der Patienten aus Münster werden am Unfallort von einem Arzt versorgt. In Enschede kommen Ärzte für die primäre Rettung am Unfallort in 28,6% der Fälle zum Einsatz.

3.4 Verletzungsscores

3.4.1.1 Verletzungsmuster

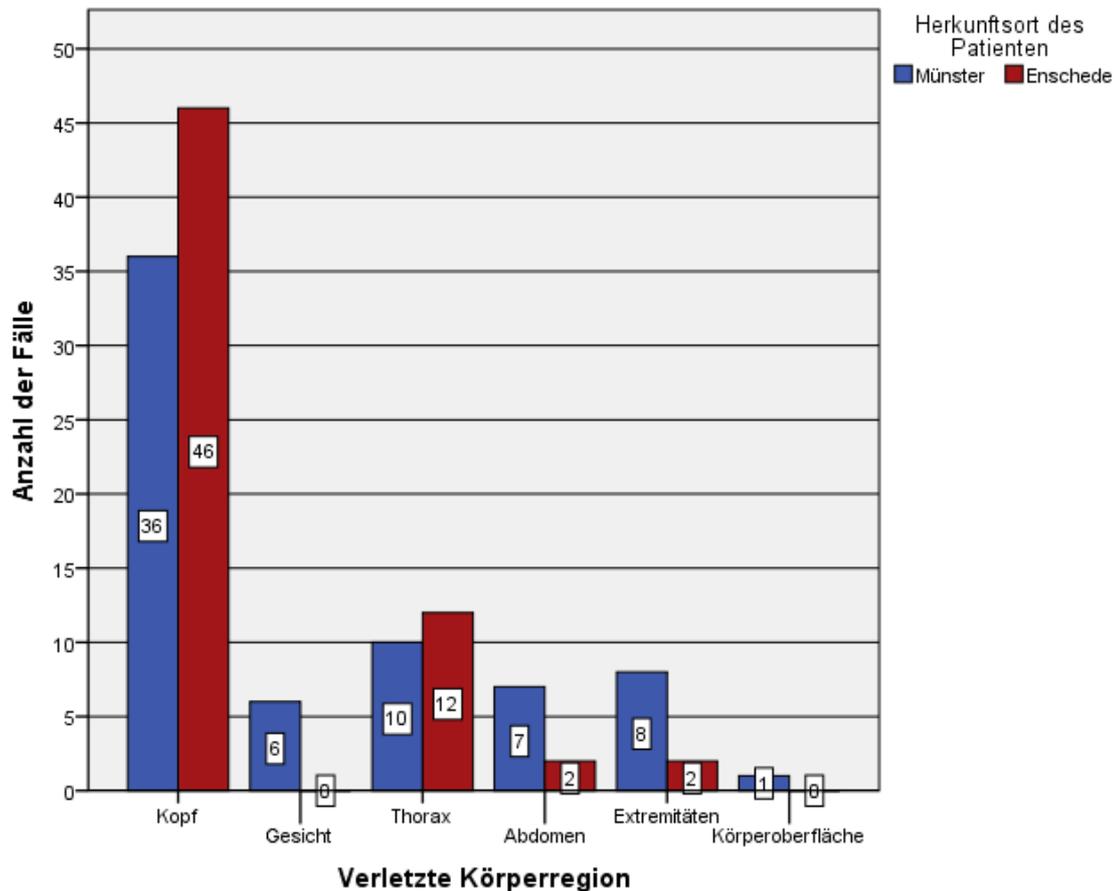


Abb. 18: Verletzungen der Körperregionen, die einen AIS ≥ 4 (schwere, kritische, letale Verletzungen) aufwiesen

Für die Berechnung des ISS werden, wie oben beschrieben, je nach Verletzungsschwere AIS-Werte für 6 verschiedene Körperregionen vergeben. Die Auswertung der Verletzungsmuster ergibt eine Häufung von schweren Kopfverletzungen. So erleiden in Münster 36 Patienten (75%) und in Enschede 46 Patienten (73%) schwere bis letale Kopfverletzungen. Alle anderen Körperregionen sind deutlich seltener von schweren Verletzungen betroffen. Gesichtsverletzungen mit einem AIS ≥ 4 kommen in Münster bei 6 Patienten (12,5%) und in Enschede gar nicht vor. Schwere Verletzungen des Thorax treten in Münster bei 10 Patienten (21%) und in Enschede bei 12 Patienten (19%) etwa gleich häufig auf. Verletzungen des Abdomens und der Extremitäten werden in Münster (15% bzw. 17%) deutlich häufiger diagnostiziert, als dies in Enschede (jeweils 3%) der Fall ist.

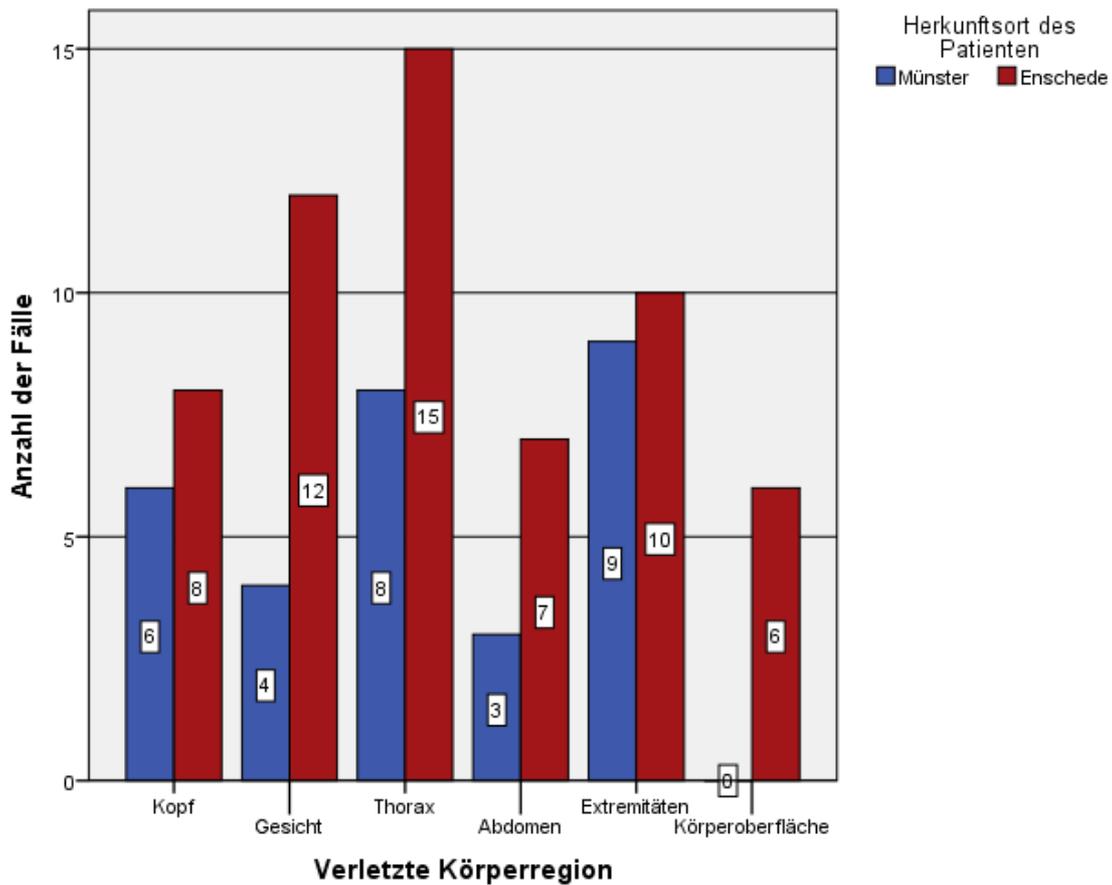


Abb. 19: Verletzungen der Körperregionen, die einen AIS ≤ 3 (leichte, mäßige, ernste Verletzungen) aufwiesen

Verletzungen mit einem AIS ≤ 3 , also leichte, mäßige und ernste Verletzungen, werden insgesamt deutlich seltener diagnostiziert. Trotz der geringeren Fallzahlen zeigt sich, dass in Enschede wesentlich häufiger leichtere Verletzungen auftreten, als dies in Münster der Fall ist. In Enschede werden bei 12 Patienten (19%) leicht- bis mittelgradige Gesichts- und bei 15 Patienten (24%) leicht- bis mittelgradige Thoraxverletzungen festgestellt. In Münster ist dies bei 4 (8%) bzw. 8 Patienten (17%) der Fall.

3.4.2 Injury Severity Score (ISS)

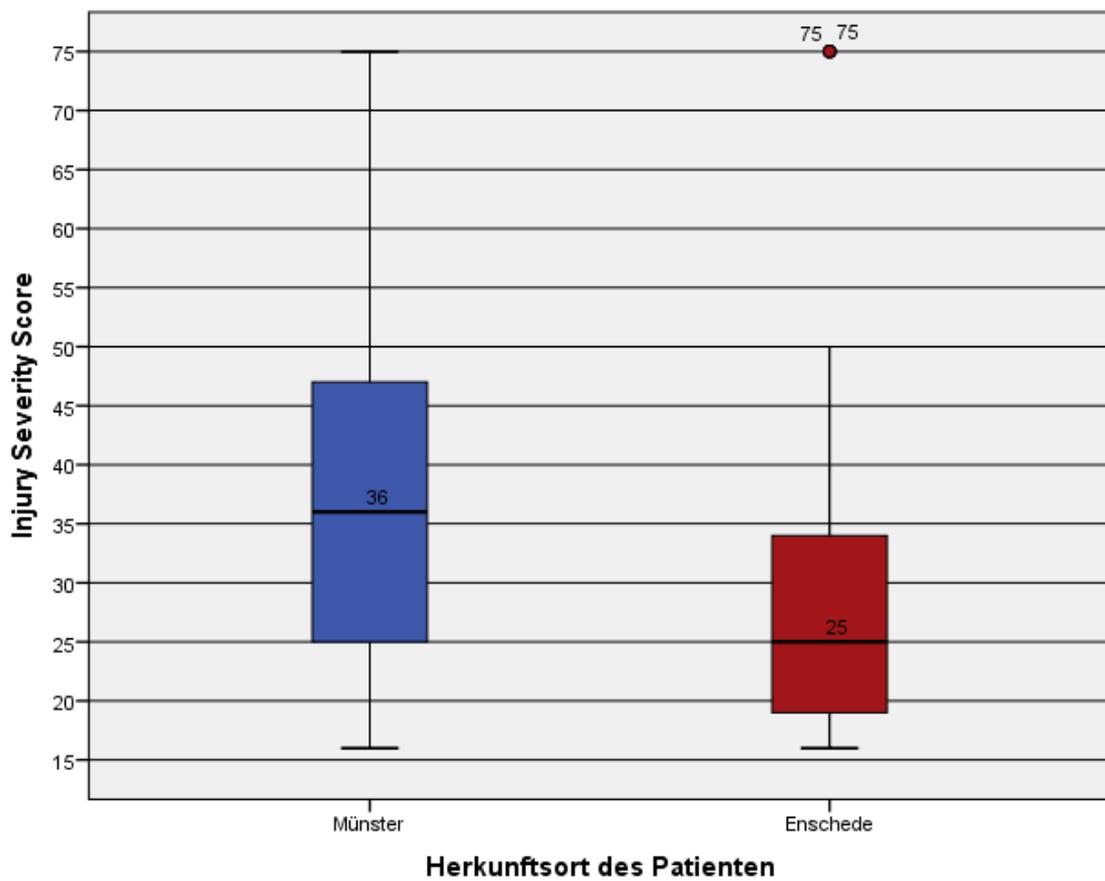


Abb. 20: Injury Severity Score

Der ISS ist ein Maß zur Beschreibung der Verletzungsschwere. Die vergleichende Betrachtung des ISS beider Länder zeigt einen p-Wert von $< 0,001$ und damit einen signifikanten Unterschied. In Münster beträgt der Median des ISS 36. Der für Enschede berechnete ISS liegt mit 25 deutlich darunter.

3.4.2.1 ISS der innerhalb 24 Stunden nach Unfall verstorbenen Patienten

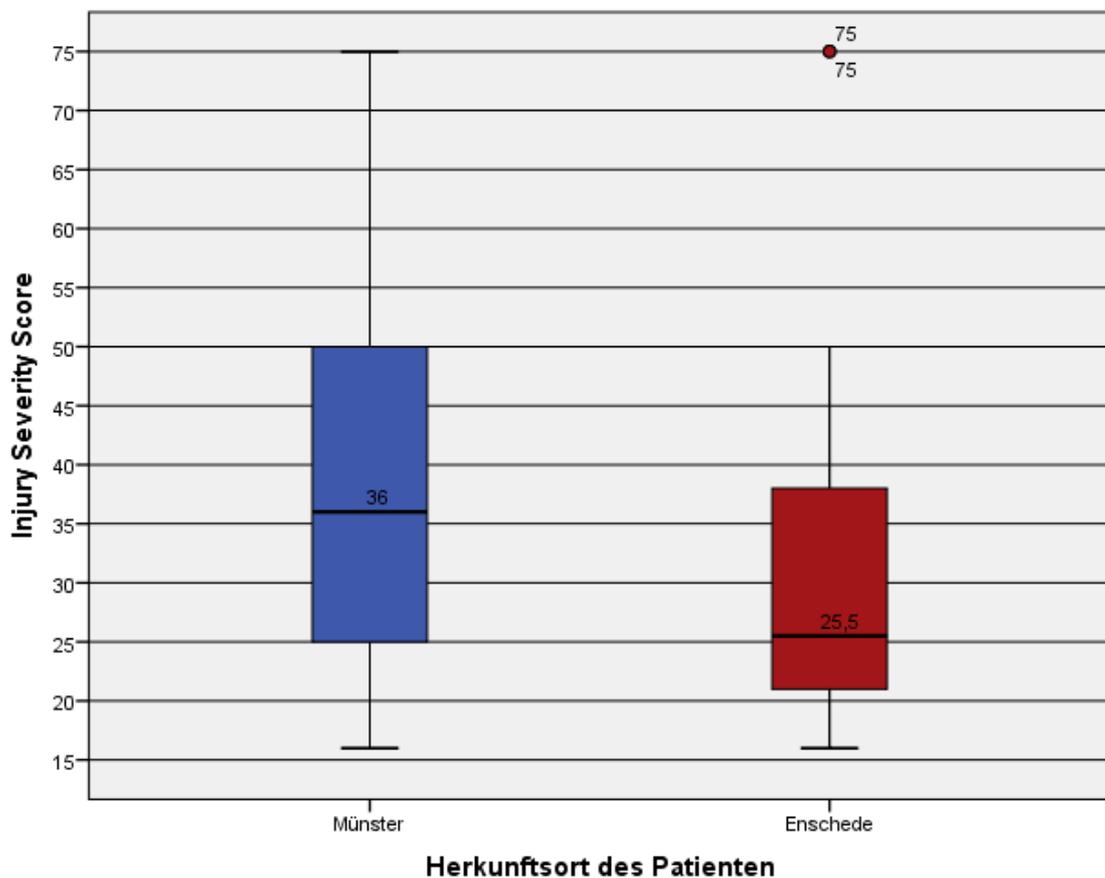


Abb. 21: ISS der Patienten, die innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall verstarben

Ein Großteil der Patienten verstarb innerhalb der ersten 24 Stunden. So überlebten 32 Patienten (67%) in Münster und 42 Patienten (67%) in Enschede den ersten Tag nicht. Der Vergleich des ISS zwischen den beiden Patientenkohorten zeigt erneut einen signifikant höheren Wert in Münster (36) als in Enschede (25,5).

3.4.2.2 ISS der später als 24 Stunden nach Unfall verstorbenen Patienten

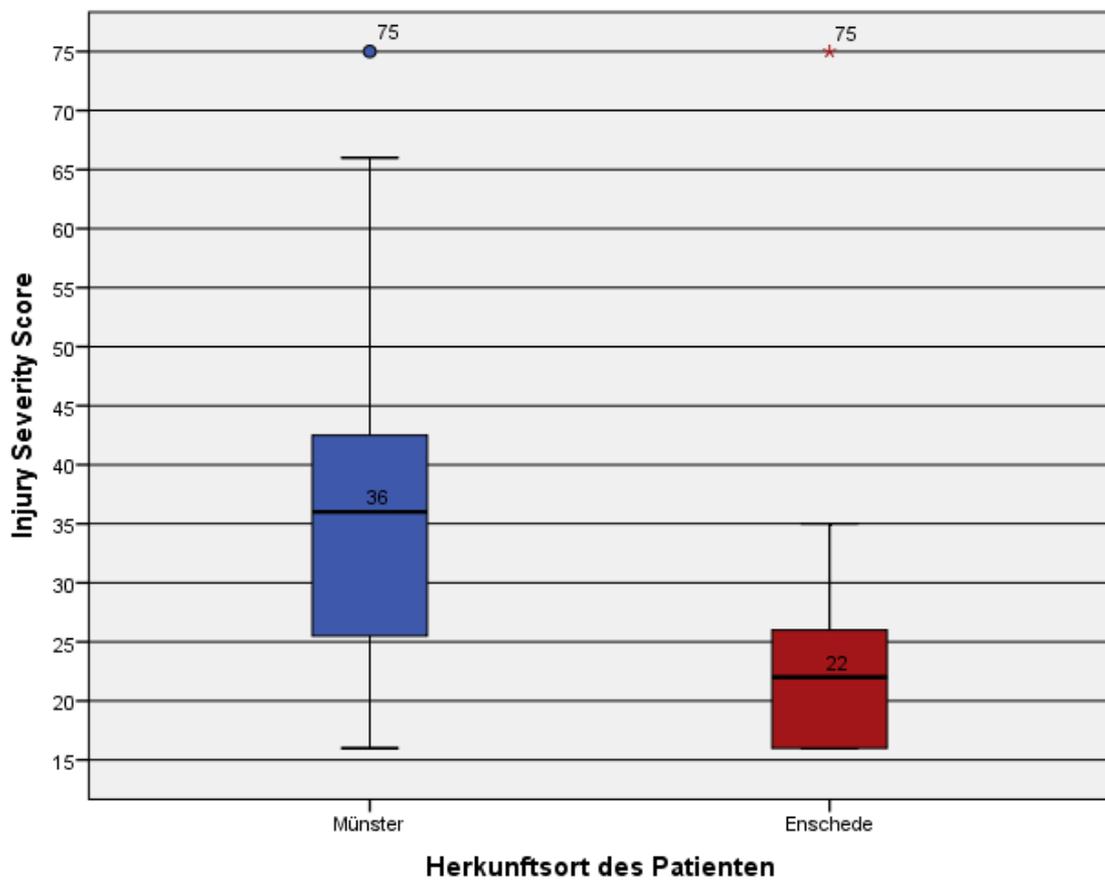


Abb. 22: ISS der Patienten, die später als 24 Stunden nach dem Unfall verstarben

Sowohl in Münster (16 Patienten) als auch in Enschede (21 Patienten) überlebten 33% des jeweiligen Patientenkollektivs die ersten 24 Stunden nach dem Unfall und verstarben erst in den darauf folgenden Tagen. In dieser Vergleichsgruppe ist der ISS in Münster (36) ebenfalls signifikant höher als der der Patienten aus Enschede (22).

3.4.3 Glasgow Coma Scale (GCS)

3.4.3.1 GCS am Unfallort

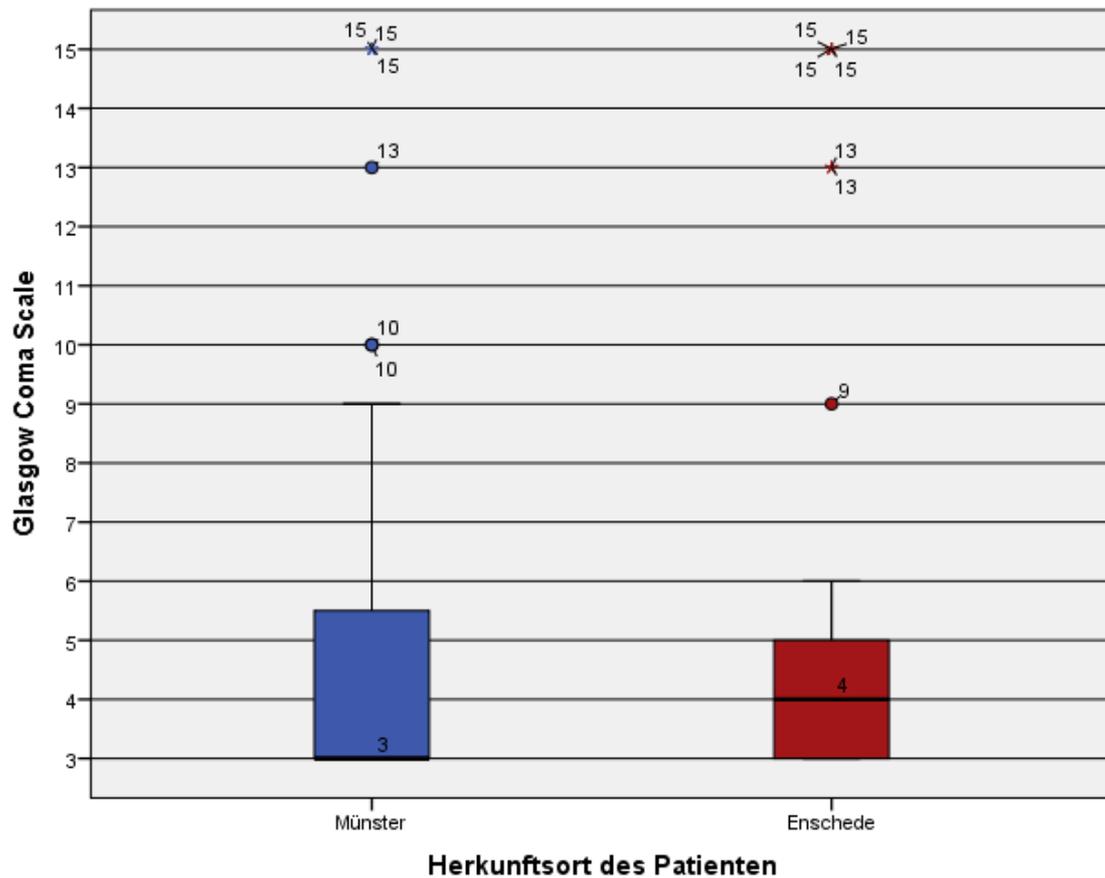


Abb. 23: GCS am Unfallort erhoben

Die GCS ist eine einfache und vielgenutzte Scala zur Abschätzung eines neurologischen Defizits³⁸⁹. Sie sollte direkt beim Eintreffen des Rettungspersonals am Unfallort erhoben werden. Bei 98% der Patienten in Münster und bei 83% der Patienten in Enschede wird dieser Score dokumentiert. Der initiale Wert der GCS ist im Median in beiden Kollektiven fast identisch, wobei der in Münster erhobene Wert mit 3 Punkten leicht unter dem aus Enschede (4 Punkte) liegt. In beiden Ländern ist eine relativ breite Streuung erkennbar.

3.4.3.2 GCS im Schockraum

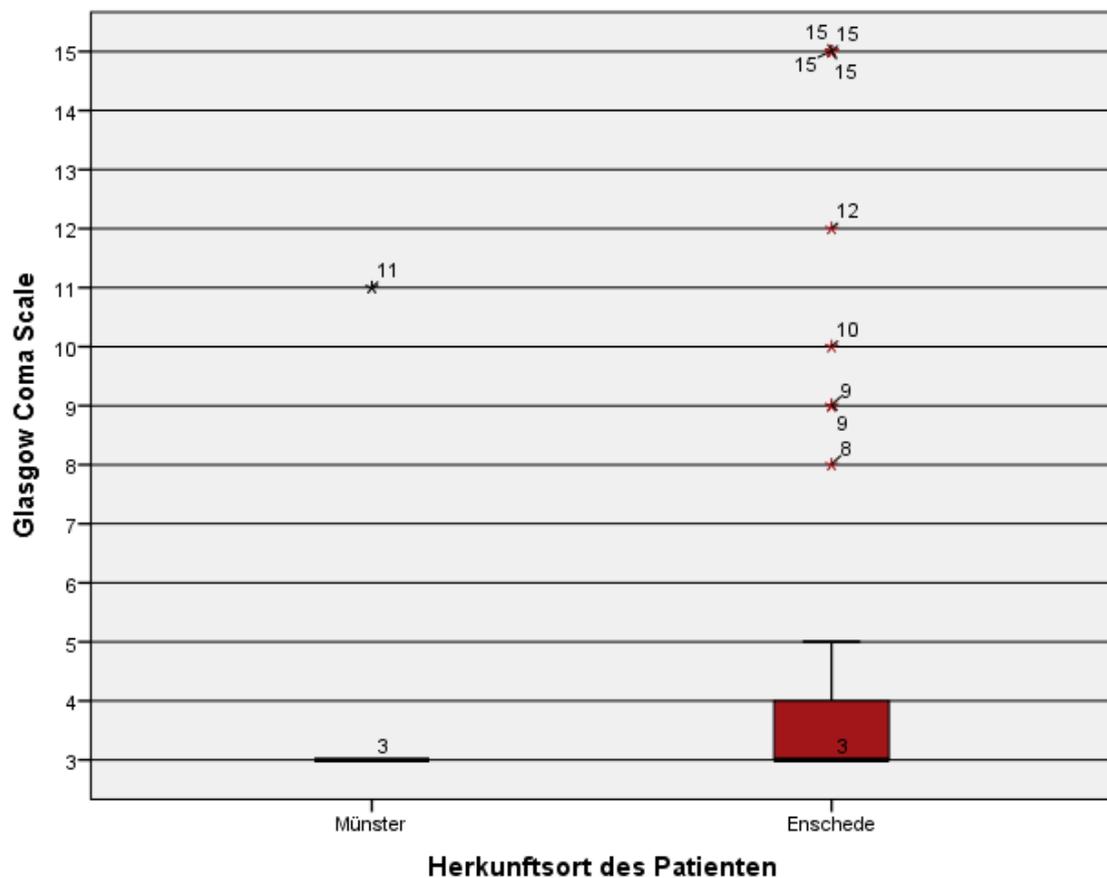


Abb. 24: GCS im Schockraum erhoben

Zur Verlaufskontrolle sollte die GCS erneut bei Ankunft im Schockraum erhoben werden. Dies wird bei allen Patienten aus Münster und Enschede durchgeführt und dokumentiert. Hierbei zeigt sich in beiden Städten ein Median von 3. Dennoch offenbart die statistische Analyse aufgrund der zahlreichen höheren Werte in Enschede einen signifikanten Ergebnisunterschied ($p = 0,001$).

3.4.3.3 Gruppeneinteilung der GCS am Unfallort

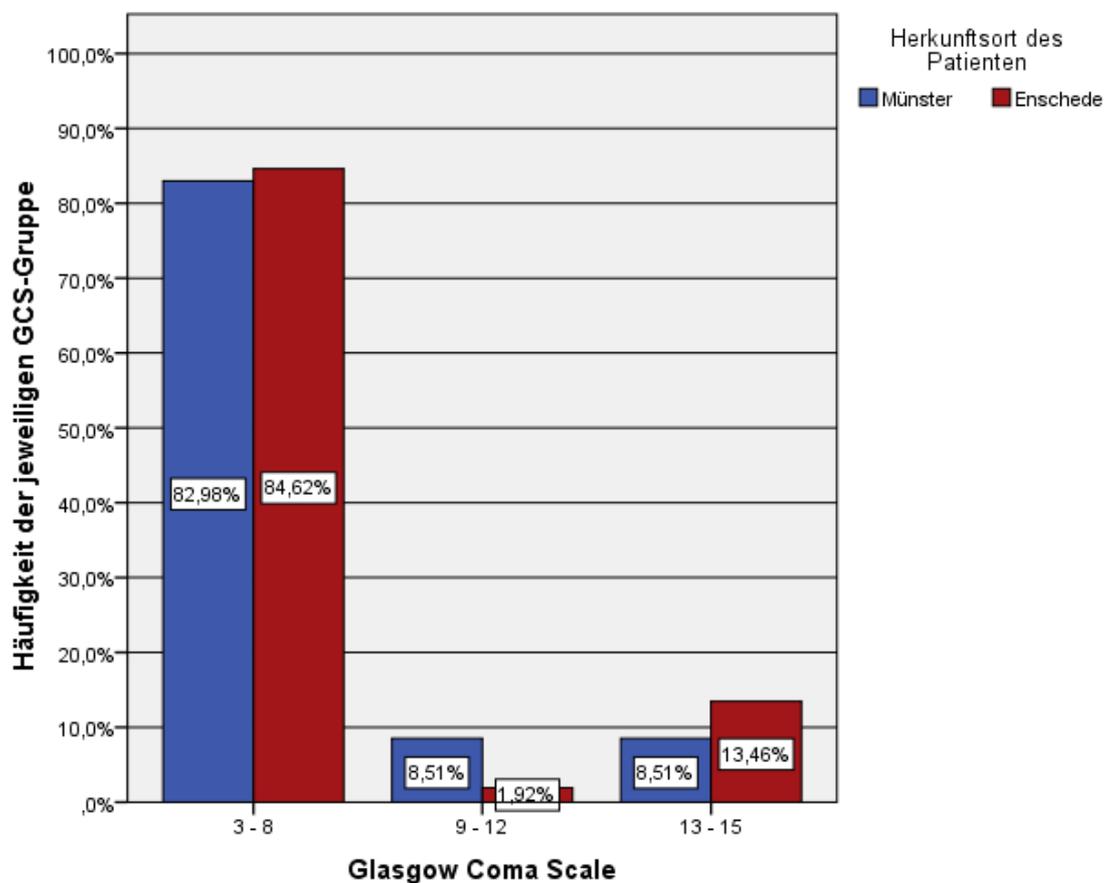


Abb. 25: Glasgow Coma Scale am Unfallort (Gruppeneinteilung)

Die Punkte der GCS können in drei Kategorien unterteilt werden. Hierbei wird zwischen schweren, mittelgradigen und leichten bzw. keinen Bewusstseinsstörungen unterschieden. In Münster wird am Unfallort bei 83% der Patienten (39) eine schwere Bewusstseinsstörung dokumentiert, die laut Leitlinie eine absolute Intubationsindikation darstellt²⁸¹. In Enschede ist dies bei fast 85% der Patienten (44) der Fall. In Münster wird bei 8,5% (4) und in Enschede bei 13,5% (7) der später verstorbenen Patienten eine GCS von 13 bis 15 und somit eine geringfügige bzw. keine Bewusstseinsstörung diagnostiziert.

Bei einem Patienten aus Münster und elf Patienten aus Enschede konnte wegen fehlender Dokumentation keine Analyse durchgeführt werden.

3.4.3.4 Gruppeneinteilung der GCS im Schockraum

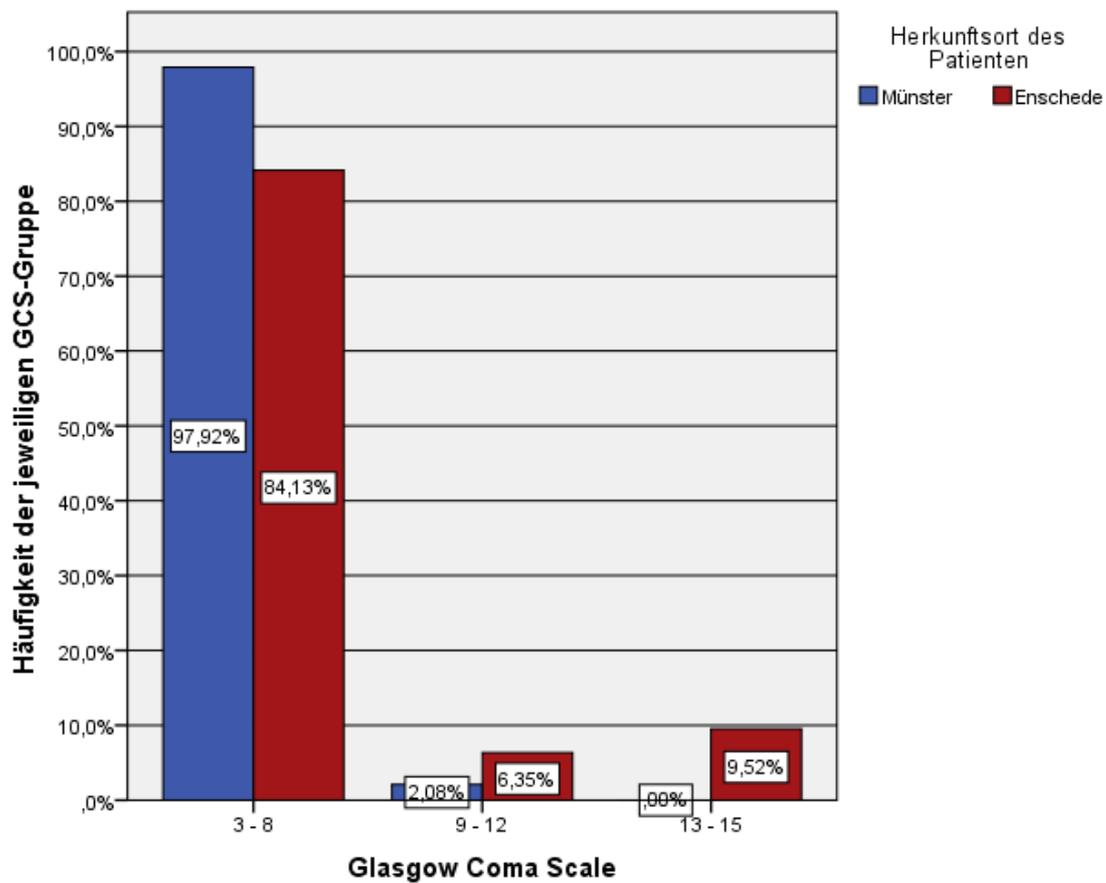


Abb. 26: Glasgow Coma Scale im Schockraum (Gruppeneinteilung)

Bei der Untersuchung der GCS-Gruppenwerte im Schockraum konnten alle Patienten (100%) aus Münster und Enschede analysiert werden. Dabei weisen in Münster 98% (47) und in Enschede 84% (53) der Patienten eine schwere Bewusstseinsstörung und somit eine absolute Intubationsindikation auf. Nur bei einem Patienten aus Münster wird im Schockraum ein höherer GCS-Punktwert verzeichnet. In Enschede werden bei fast 6,5% (4) mittelgradige und bei 9,5% (6) geringfügige bzw. keine Bewusstseinsstörungen diagnostiziert.

3.4.4 Revised Trauma Score (RTS)

3.4.4.1 RTS am Unfallort

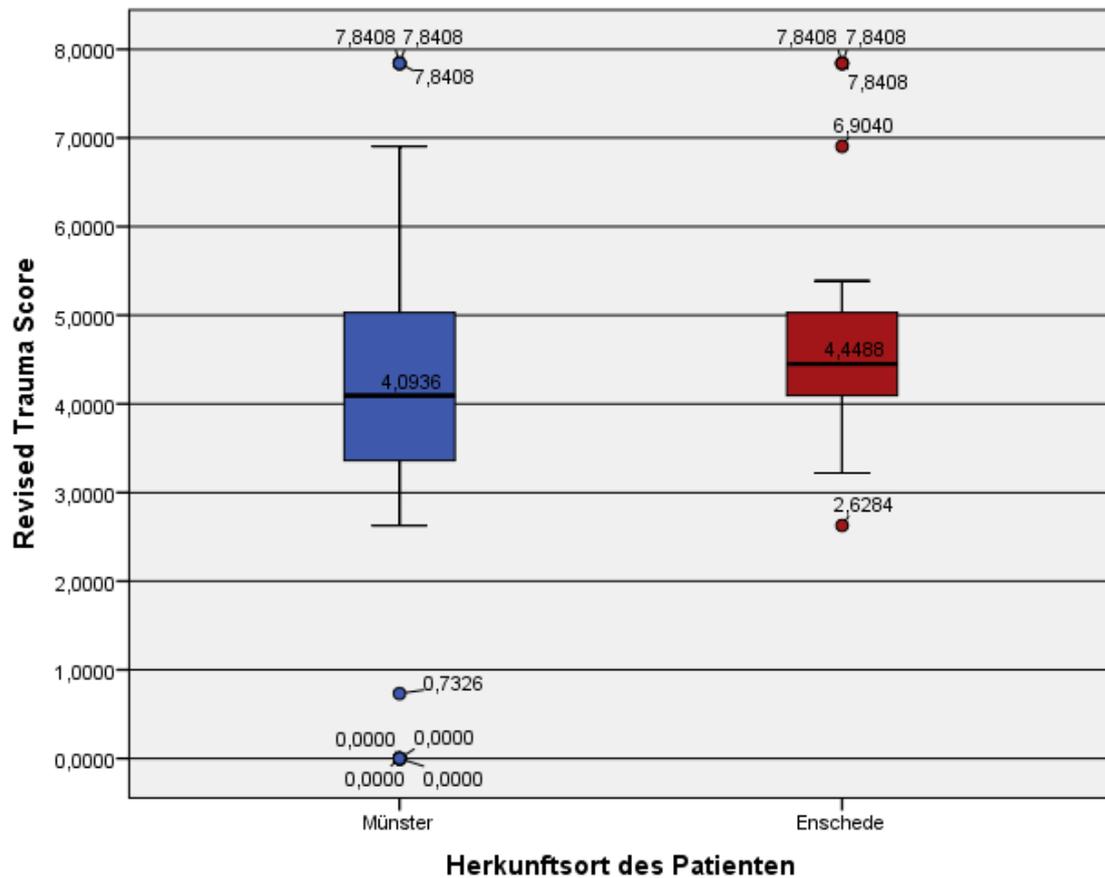


Abb. 27: RTS am Unfallort

Der Vergleich des RTS zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen Münster (4,0936) und Enschede (4,4488). In Münster konnte die RTS Berechnung für 96% der Patienten durchgeführt werden. Davon haben 6 Patienten einen RTS von 0,000 und 3 Patienten den höchsten RTS von 7,804. In Enschede war aufgrund eingeschränkter Dokumentation die Berechnung nur für 49% der Patienten möglich. Dort wurde 3 Patienten der maximale RTS von 7,8408 zugewiesen.

3.4.4.2 RTS im Schockraum

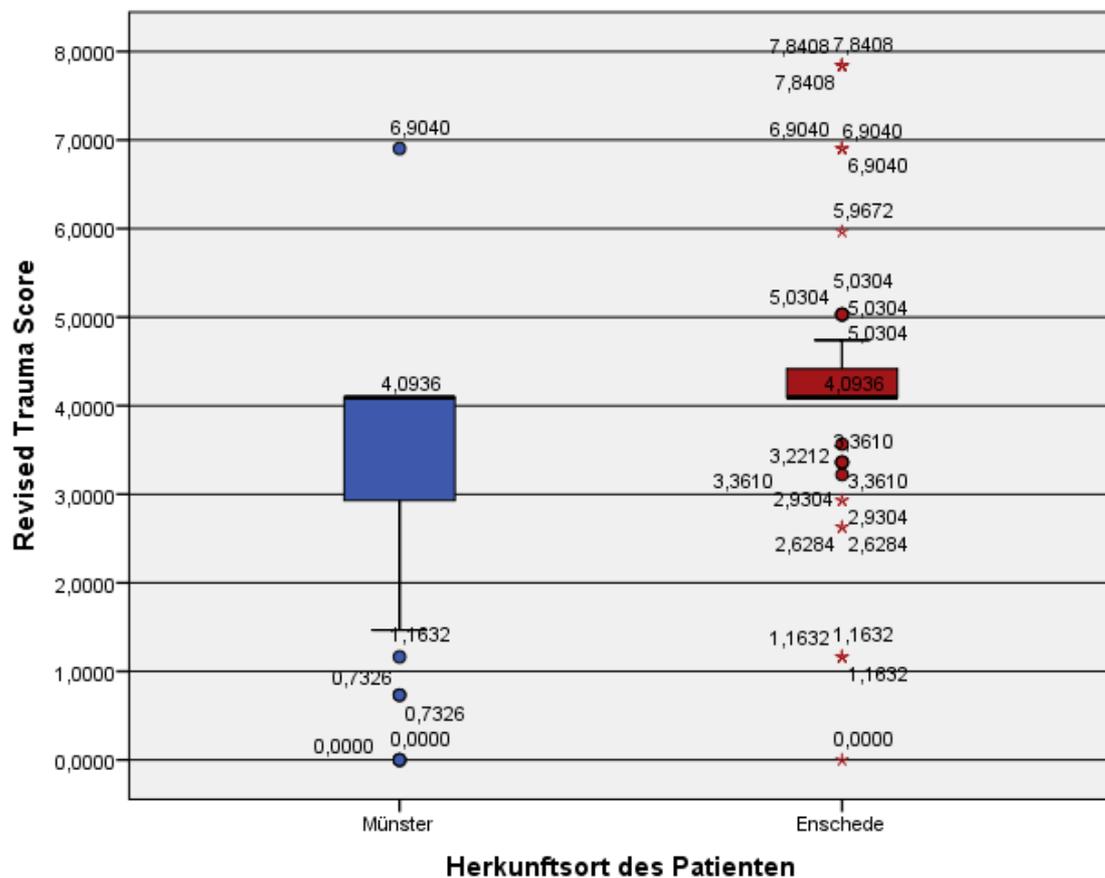


Abb. 28: RTS im Schockraum

Die Parameter zur Berechnung des RTS werden als Verlaufskontrolle erneut bei Ankunft im Schockraum erhoben. Die Datenqualität zeigt sich bei dieser zweiten Erhebung deutlich verbessert. So konnte in Münster für 98% der Patienten und in Enschede für 100% der Patienten der RTS berechnet werden.

Trotz eines Median von 4,0936 in Münster und Enschede ergibt die statistische Analyse aufgrund der Häufung höherer Punktwerte in Enschede ein signifikant unterschiedliches Ergebnis ($p < 0,001$). So findet sich bei 6 Patienten aus Enschede der Maximalwert von 7,8408 und bei einem Patienten der RTS-Wert von 0,000. In Münster wurde dieser niedrigste Wert bei 3 Patienten berechnet.

3.4.5 Trauma and Injury Severity Score (TRISS)

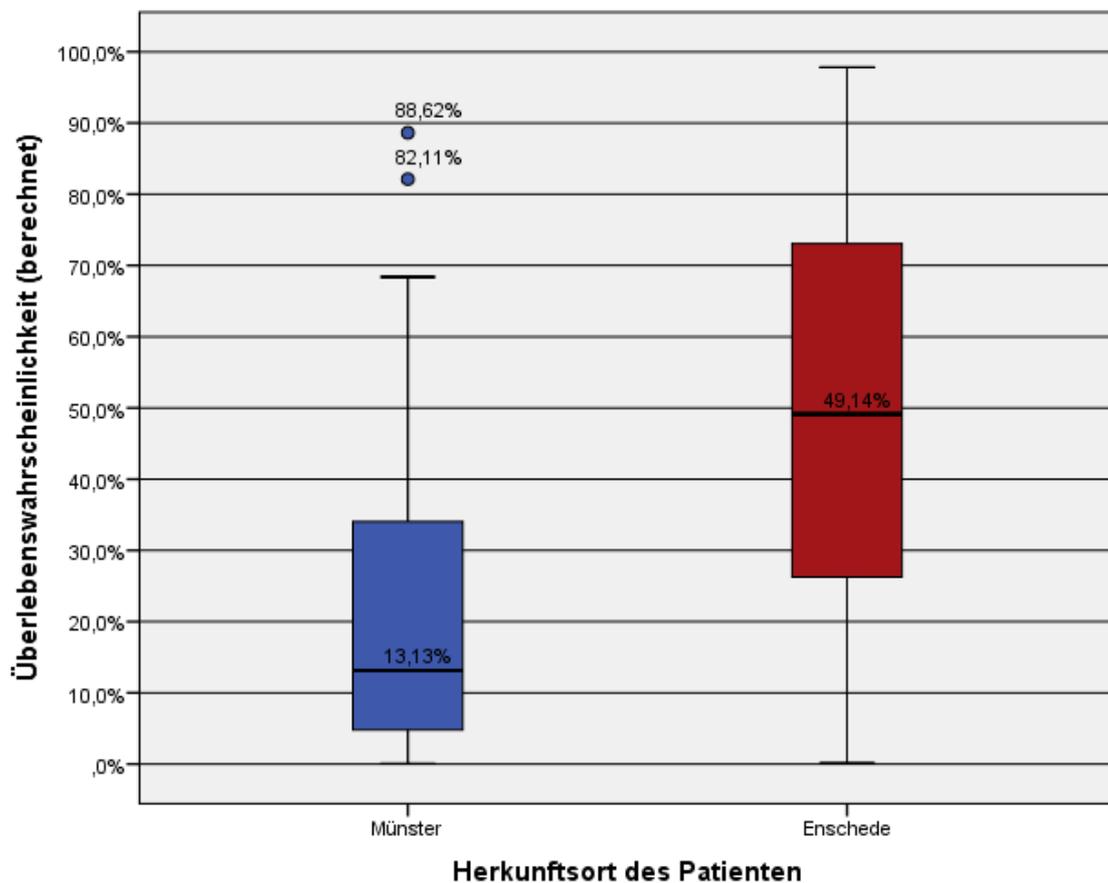


Abb. 29: Prognostizierte Überlebenswahrscheinlichkeit mittels TRISS-Formel

Der TRISS wird für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit genutzt. In die Berechnung fließen die Traumaart (stumpf oder penetrierend), der ISS, der RTS sowie das Alter des Patienten ein. Für die hier durchgeführte Prognose wurde aus Gründen der Datenqualität der im Schockraum erhobene RTS genutzt. Dadurch konnte der TRISS für 98% der Patienten in Münster und 100% der Patienten in Enschede bestimmt werden.

Die mediane prognostizierte Überlebenswahrscheinlichkeit der Patienten aus Münster ist mit 13,1% sehr gering. In Enschede wurde hingegen eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 49,1% berechnet. Die durchgeführte statistische Analyse zeigt ein signifikantes Ergebnis ($p < 0,001$).

3.5 Interventionen

3.5.1 Intubation am Unfallort

Die Intubation am Unfallort ist eine Methode, um bei verletzten Personen den Atemweg frühzeitig und zuverlässig zu sichern. Eine Auswertung für Enschede konnte nicht vorgenommen werden, da keine Dokumentation dieser Intervention am Unfallort erfolgt ist. In Münster konnte hingegen für alle Patienten eine Auswertung durchgeführt werden. Dabei zeigt sich, dass bereits 66,7% der Patienten noch am Unfallort mit einem Tubus zur Atemwegssicherung versorgt werden.

3.5.2 Intubation nach Schockraumbehandlung

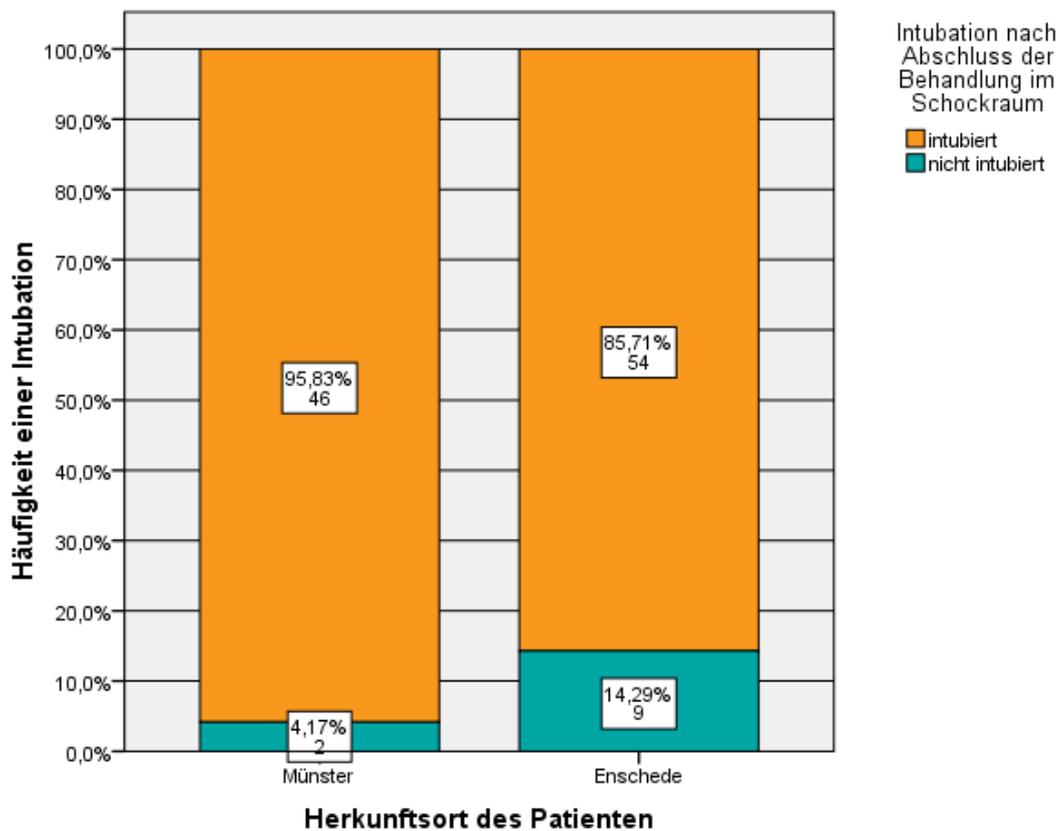


Abb. 30: Anteil der am Ende der Schockraumbehandlung intubierten Patienten

Bei den meisten polytraumatisierten Patienten, die noch nicht am Unfallort zur Sicherung der Atemwege intubiert wurden, wird diese im Schockraum nachgeholt. Die Auswertung der Daten zeigt keine deutlichen Häufigkeitsunterschiede. So sind am Ende der Schockraumbehandlung in Münster fast 96%, in Enschede knapp 86% der Patienten mit einem Tubus versorgt.

3.6 Todeszeitpunkt

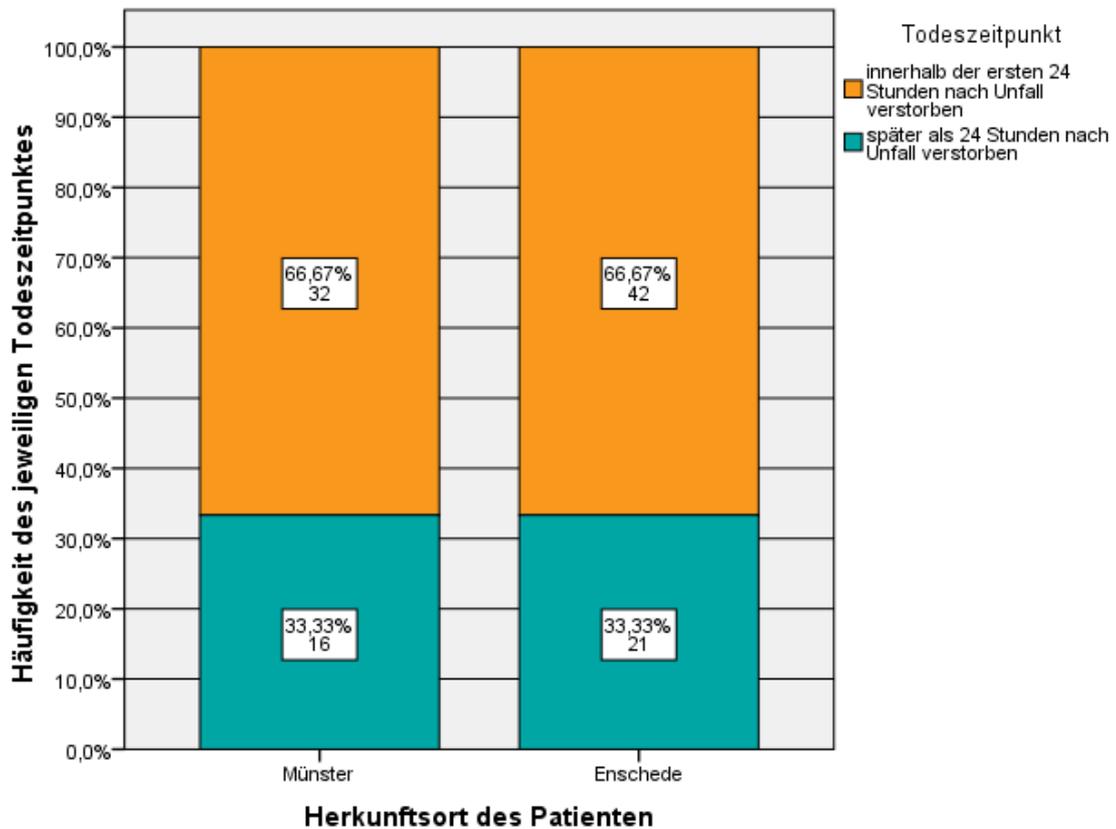


Abb. 31: Todeszeitpunkt

Bei der Untersuchung des Todeszeitpunktes wurde untersucht, ob ein Patient innerhalb der ersten 24 Stunden oder erst später als 24 Stunden nach dem Unfallereignis verstarb. Es zeigt sich ein homogenes Bild. Patienten aus beiden Städten verstarben jeweils zu zwei Dritteln (66,7%) innerhalb der ersten 24 Stunden und zu einem Drittel (33,3%) später als 24 Stunden an den Folgen des Unfalls.

3.7 Ergebnistabelle

		Münster (n = 48)	Enschede (n = 63)	p-Wert
Demographie	männlich	64,6% (31)	66,7% (42)	0,82
	Alter	55,0 (26,6) [54,9]	54,8 (21,7) [56,1]	0,96
Unfallmechanismus	Verkehr	45,8% (22)	58,7% (37)	
	Sturz	35,4% (17)	34,9% (22)	
	Sonstiges	18,8% (9)	6,4% (4)	
Verletzungsart	stumpf	97,9% (47)	96,8% (61)	0,73
Einsatztaktik	Einsatzdauer gesamt (min)	54 (23) [54]	62 (33) [57]	0,24
	Verweildauer Unfallort (min)	25 (11) [21]	29 (20) [23]	0,58
	Transportzeit (min)	14 (9) [14]	16 (15) [11]	0,42
	Arzteinsatz	97,4% (38)	28,6% (18)	< 0,001
Transportmittel	RTW / ambulance	2,6% (1)	69,8% (44)	
	NAF / NEF / bodengeb.	48,7% (19)	4,8% (3)	
	MMT			
	RTH	48,7% (19)	23,8% (15)	
	eigener Transport	-	1,6% (1)	
Verletzungsscores	AIS ≥ 4 Kopf	75% (36)	73% (46)	
	AIS ≥ 4 Gesicht	12,5% (6)	-	
	AIS ≥ 4 Thorax	21% (10)	19% (12)	
	AIS ≥ 4 Abdomen	15% (7)	3% (2)	
	AIS ≥ 4 Extremität	17% (8)	3% (2)	
	AIS ≥ 4 Körperoberfläche	2% (1)	-	
	AIS ≤ 3 Kopf	13% (6)	(8)	
	AIS ≤ 3 Gesicht	8% (4)	19% (12)	
	AIS ≤ 3 Thorax	17% (8)	24% (15)	
	AIS ≤ 3 Abdomen	6% (3)	11% (7)	
	AIS ≤ 3 Extremität	19% (9)	16% (10)	
	AIS ≤ 3 Körperoberfläche	-	10% (6)	
	ISS	38,6 (16,3) [36]	28,7 (13,7) [25]	< 0,001
	ISS < 24 Stunden verstorben	40 (16) [36]	31 (14) [26]	0,008
	ISS > 24 Stunden verstorben	36 (17) [36]	25 (13) [22]	0,006
	GCS Unfallort	4,9 (3,6) [3]	5,3 (3,8) [4]	0,16
	GCS Schockraum	3,2 (1,2) [3]	4,8 (3,8) [3]	0,001
	RTS Unfallort	4,0 (2,1) [4,1]	4,8 (1,3) [4,5]	0,056
	RTS Schockraum	3,2 (1,4) [4,1]	4,4 (1,7) [4,1]	< 0,001
	TRISS	0,22 (0,21) [0,13]	0,47 (0,29) [0,49]	< 0,001
Intervention	Intubation Unfallort	66,7% (32)	k.A.	
	Intubation Schockraum	95,8% (46)	85,7% (54)	0,077
Todeszeitpunkt	innerhalb 24 h nach Unfall	66,7% (32)	66,7% (42)	1,00

Tab. 7: Bei kategorialen Variablen wurde der prozentuale Anteil und die Fallzahl (in Klammer), bei stetigen Variablen der Mittelwert, Median (in eckigen Klammern) und Standardabweichung (in Klammern) angegeben.

4 Diskussion

Deutschland und die Niederlande verfolgen in der präklinischen medizinischen Notfallversorgung unterschiedliche Konzepte: Während bei der Behandlung polytraumatisierter Patienten in Deutschland fast bei jedem Unfall ein Notarzt am Unglücksort die Erstversorgung übernimmt, wird diese Aufgabe in den Niederlanden in erster Linie von Paramedics ausgeführt¹⁴¹. Diesen und weitere Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten zwischen den Rettungssystemen der beiden Länder aufzuzeigen, ist Ziel dieser Arbeit. Besondere Beachtung erhalten dabei die erhobenen Scores, die in der Notfallmedizin zur Klassifizierung der Verletzungsschwere oder zur Berechnung der Prognose genutzt werden. Zudem werden die Vor- und Nachteile präklinisch durchgeführter Interventionen diskutiert. Die Ergebnisse sollen in erster Linie dazu beitragen, die präklinische Behandlung polytraumatisierter Patienten zu verbessern. Überdies sind gute Kenntnisse des jeweils anderen Systems der Schlüssel für eine zukünftige engere grenzüberschreitende Zusammenarbeit.

Ein Bedarf an Studien, die das deutsche und das niederländische präklinische Rettungswesen mittels patientenorientierter Parameter vergleichen, ist durchaus vorhanden. Bisherige Arbeiten beschäftigten sich überwiegend mit den gesetzlichen und organisatorischen Strukturen der beiden Länder^{299,300,368}. Welche Herangehensweise für das Patientenwohl am geeignetsten ist, konnte deshalb bisher noch nicht in einer direkten Gegenüberstellung ermittelt werden. Vergleiche des deutschen Rettungssystems mit denen anderer Länder liegen hingegen in kleiner Zahl vor. Sie demonstrieren, dass solche Untersuchungen trotz Schwierigkeiten durchführbar und aussagekräftig sein können^{155,160,317,331,357}.

4.1 Studiendesign

Um ein vergleichbares Studienkollektiv zu erhalten, wurden zunächst alle Patienten, die mit einem ISS ≥ 16 in das Universitätsklinikum Münster oder das Medisch Spectrum Twente Enschede eingeliefert und nicht sekundär verlegt worden waren, identifiziert. Anschließend wurden alle verstorbenen Patienten extrahiert. Patienten, die bereits bei Eintreffen der Rettungskräfte am Unfallort verstorben waren, fanden keine Berücksichtigung. Für die folgenden ausführlichen statistischen Analysen standen

somit 48 verstorbene Patienten aus Münster und 63 verstorbene Patienten aus Enschede zur Verfügung.

Da die Traumazentren in Münster und Enschede eine ähnliche personelle wie materielle Ausstattung besitzen, ist die Behandlungsqualität innerhalb der Krankenhäuser vergleichbar. Dadurch ist davon auszugehen, dass eine Verzerrung der Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher stationärer Behandlung weitgehend vermieden werden konnte.

4.2 Kollektiv

Die Anzahl der verstorbenen Patienten pro Jahr zeigen sich in Enschede ausgeglichen, in Münster hingegen eher uneinheitlich (s. Abb. 7). Die relativ geringe Patientenzahl der vorliegenden Studie im Jahre 2007 ist darauf zurückzuführen, dass für diesen Zeitraum lediglich Patientendaten ab dem 01. Juni, also nur für 7 Monate zur Verfügung standen. Die Todeszahlen in diesen Monaten unterscheiden sich zwischen Münster ($n = 10$) und Enschede ($n = 11$) kaum. In den Jahren 2008 und 2009 ergibt sich in Enschede mit 23 bzw. 29 Verstorbenen ein sehr homogenes Bild. Obwohl die Statistik eine Steigerung um sechs Patienten ergibt, bewegt sich diese noch im Bereich der normalen Jahresschwankung. In Münster wurden im Jahre 2008 lediglich 12 Patienten als verstorben registriert. Dies kommt in Bezug auf das Jahr 2007, in dem nur 7 Monate berücksichtigt werden konnten, einem relativen Rückgang der Todeszahlen gleich. Allerdings lässt die Betrachtung des Jahres 2009, in dem 26 Patienten und damit etwa so viele wie in Enschede verstarben, an der Korrektheit der Zahlen von 2008 Zweifel aufkommen. Die Annahme liegt daher nahe, dass einige der verstorbenen Patienten in Münster im Jahre 2008 nicht entsprechend dokumentiert wurden. Es besteht zudem die Möglichkeit, dass Patienten nach der akuten Versorgung im Traumazentrum zur weiteren Behandlung in andere Kliniken verlegt wurden und dort ihren Verletzungen erlagen. Da eine Dokumentation darüber in dem verfügbaren Datensatz jedoch nicht vorlag, bleibt dies reine Spekulation. Für die gefundenen Unterschiede gibt es bisher keine ersichtliche Ursache.

Der deutschlandweit beobachtete Trend von sinkenden Todeszahlen im Straßenverkehr konnte für beide Städte nicht nachgewiesen werden⁷.

4.3 Geschlecht und Alter

Die Geschlechterverteilung des analysierten Kollektivs zeigt, dass mit 64,6% in Münster sowie 66,7% in Enschede zwei Drittel der verstorbenen Patienten männlichen Geschlechts sind (s. Abb. 8). Diese Verteilung deckt sich mit zahlreichen Studien, die sich mit der Thematik Polytrauma beschäftigen^{133,385}, und mit den Zahlen der DGU für denselben Zeitraum (72%)⁵³. Über die Gründe dieser Verteilung kann nur spekuliert werden. Denkbar wäre eine bei vielen Männern stärker ausgeprägte Risikobereitschaft. Zudem sind in Europa immer noch mehr Männer als Frauen berufstätig und somit auch häufiger den Gefahren auf dem Weg und bei der Arbeit ausgesetzt¹⁹.

Das durchschnittliche Alter des Kollektivs aus Münster beträgt 55 Jahre, das aus Enschede 54,8 Jahre. Damit sind die verstorbenen Patienten im Schnitt etwa 10 Jahre älter als die vom Traumaregister der DGU untersuchten Traumapatienten⁵³. Ähnlich alt sind sie jedoch wie die einer niederländischen Studie, die sich mit dem Todeszeitpunkt von Traumapatienten beschäftigte¹³³.

In Münster lässt sich eine deutliche Korrelation zwischen Alter und Häufigkeit des Versterbens erkennen: In den höheren Altersgruppen finden sich mehr durch Polytrauma verstorbene Patienten als in den Altersgruppen bis 40 Jahre (s. Abb. 9). Knapp 50% der verstorbenen Patienten sind älter als 60 Jahre. Eine Erklärung könnte eine höhere Unfallanfälligkeit mit steigendem Alter sein²⁶⁵. Wahrscheinlicher lässt sich dies aber durch die vermehrte Fragilität des Organismus im Alter und die dadurch verminderten Kompensations- und Regenerationsmöglichkeiten erklären^{333,385}. Ein höheres Alter ist zudem häufig mit vermehrten Komplikationen und daher auch mit längeren Krankenhausaufenthalten verbunden¹⁴⁴. Gestützt wird die These durch eine Untersuchung von Oestern²⁸⁷, nach der prozentual weniger 18- bis 25-jährige bei Verkehrsunfällen ums Leben kommen als Menschen höheren Alters.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse aus Enschede ergeben sich einige deutliche Unterschiede im Vergleich zu Münster. So verstarben in Enschede weniger 80-jährige Patienten und deutlich mehr im Alter zwischen 40 und 60 Jahren. Die Ursache dieser Abweichung ist vermutlich der geringen Kollektivgröße geschuldet. Des Weiteren ist die größere Anzahl an jungen Menschen, die in Münster (n = 7) im Vergleich zu Enschede (n = 2) verstorben sind, herauszuheben. Im Unterschied zu Münster werden polytraumatisierte Kinder, die in der Region um Enschede verunglücken, nicht im Medisch Spectrum Twente behandelt, sondern meist in das spezialisierte

Traumazentrum in Groningen verlegt und dort weiterversorgt¹⁵¹. Patienten, die dort verstarben, tauchen daher nicht in der hier erstellten Auswertung auf.

4.4 Unfallanamnese

Die Betrachtung des Unfallmechanismus in Münster und Enschede zeigt ein relativ ähnliches Bild (s. Abb. 10). Erwartungsgemäß sind Verkehrsunfälle in beiden Ländern die führende Ursache für Polytraumata mit tödlichem Ausgang^{140,236,316}. In Enschede (58,7%) ist dies sogar noch häufiger als in Münster (45,8%) der Fall. Stürze sind in beiden Ländern etwa gleich häufig als Ursache vertreten (35%). Besonders auffällig in Münster ist, dass zahlreiche Unfälle (18,8%) unter der Rubrik „Sonstiges“ dokumentiert sind. In erster Linie werden hierunter Arbeits-, Sport- und Freizeitunfälle verstanden³¹⁴. Hierzu kann beispielsweise der Reitsport gezählt werden, der im Münsterland eine weitverbreitete Freizeitbeschäftigung darstellt²⁰⁴. Dies wäre zumindest ein Ansatz einer plausiblen Erklärung für die vorgefundene Dokumentation. Allerdings ist es auch durchaus vorstellbar, dass es sich hierbei um ein Dokumentationsproblem handeln könnte. Bei der Übertragung der Daten in die Datenbank wurde bei nicht expliziter Nennung des Unfallmechanismus möglicherweise die Kategorie „Sonstiges“ gewählt. Die Darstellung der Unfallmechanismen kann normalerweise deutlich differenzierter als hier erfolgen. So unterscheidet das Schockraumprotokoll der Universität Münster zwischen den Unfallmechanismen PKW-Unfall, Motorradunfall, Fahrradunfall, Fußgängerunfall im Straßenverkehr, Sturz aus über 3 Meter Höhe, Sturz aus unter 3 Meter Höhe und Sonstiges (siehe I.I). Da die Dokumentation des Unfallmechanismus in Enschede hingegen als Freitext bzw. in anderen Kategorien vorliegt, konnte eine solch exakte Form der Auswertung und ebenso ein genauerer Vergleich nicht durchgeführt werden. Eine dezidiertere Aufteilung der Kategorien wäre zwar erstrebenswert, ist aufgrund der geringen Kollektivgröße aber nicht praktikabel.

Bei Unfällen im Straßenverkehr kommt es europaweit zu ähnlichen Verletzungsarten. Je nach Studie werden in 93% - 96% der Fälle stumpfe Verletzungen ermittelt^{167,287,316}. Auch in dieser Arbeit weisen die Patienten fast ausschließlich (Münster 98%, Enschede 97%) stumpfe Verletzungen auf (s. Abb. 11). Penetrierende Verletzungen sind hingegen eine Seltenheit. Diese kommen vermehrt bei polytraumatisierten Patienten in den USA vor^{93,138}, da dort aufgrund weniger restriktiver gesetzlicher

Vorschriften der Umgang mit Stich- und Schusswaffen deutlich weiter verbreitet ist als in den Ländern des europäischen Kontinents⁴⁸.

Die Unfallzeitpunkte sind sehr einheitlich im Tagesverlauf in Münster und Enschede verteilt (s. Abb. 12). Lediglich zwischen 0 und 6 Uhr ist erwartungsgemäß, und wie ebenfalls von Lay gezeigt²³³, die Häufigkeit der Unfallereignisse im Vergleich zu anderen Tageszeiten in beiden Ländern deutlich reduziert. Ob die Angaben aus Münster, wo während der genannten Zeitspanne kein einziger Patient verunfallte, realistisch sind, bleibt offen. In Enschede wurden für diesen Zeitraum 8 Patienten (13,1%) registriert. Augenscheinliche Korrelationen zwischen dem Unfallzeitpunkt und dem Patientenalter und/oder dem Unfallmechanismus konnten nicht entdeckt werden: weder sind es außerordentlich viele junge Patienten noch ausnahmslos Verkehrsunfälle, die sich zu diesen Uhrzeiten ereigneten. Die Zahlen untermauern erneut, wie wichtig ein Rettungssystem ist, das 24 Stunden am Tag zur Verfügung steht und einsatzbereit ist.

Wünschenswert wäre eine genauere Analyse mit geringeren Intervallen. Bedingt durch die geringe Stichprobengröße war dies jedoch nicht sinnvoll durchführbar.

4.5 Einsatzparameter

Zu den ausgewerteten Einsatzparametern zählen die Einsatzdauer, die Verweildauer des Rettungspersonals am Unfallort, die Transportzeit des Patienten vom Unfallort bis zur endgültigen Versorgung im Krankenhaus sowie die Wahl des Transportmittels, mit dem die Rettungsmannschaft zum Einsatzort gelangen. Zudem wurde ermittelt, bei wie vielen Rettungseinsätzen ein Arzt beteiligt ist.

Einsatzzeiten sind in großem Maße von geographischen und strukturellen Gegebenheiten abhängig. In Großstädten müssen von den Rettungskräften zwar insgesamt kürzere Distanzen zurückgelegt werden als in weniger dicht besiedelten Gebieten, dafür haben sie häufiger durch verkehrsbedingte Störungen mit Verzögerungen zu rechnen. Sowohl Münster (ca. 280.000 Einwohner)⁸ als auch Enschede (ca. 160.000 Einwohner)⁹ besitzen eine Bevölkerungsdichte von etwa 1.000 Einwohnern pro km². Beide Städte haben eine ländliche Umgebung. Aufgrund der weitgehend ähnlichen Struktur und ihrer geographischen Lage sind sie daher ohne erhebliche Einschränkungen vergleichbar.

Die Einsatzdauer ist ein wichtiges Kriterium für die Ablaufgeschwindigkeit bei der Rettung schwerverletzter Personen. Sie umfasst die Zeit, die zwischen dem angegebenen bzw. errechneten Unfallzeitpunkt und dem Eintreffen des Patienten im Schockraum vergeht. Der Vergleich wurde trotz bestehender Mängel bei der Dokumentation der Daten durchgeführt. Aus Gründen der Vollständigkeit und weil die kritische Phase für den Patienten direkt zum Unfallzeitpunkt beginnt⁴⁹, wurde dieser Parameter für die Auswertung genutzt. Da der Unfallzeitpunkt selten genau bekannt ist, wird er von Patienten, Zeugen oder dem Rettungspersonal nachträglich errechnet oder geschätzt. In anderen Studien wird daher als Startpunkt der *golden hour* die Ankunftszeit des Rettungspersonals verwendet, weil diese genauer dokumentiert werden kann^{110,369}.

Für beide Länder wurde eine mittlere Einsatzdauer von unter einer Stunde berechnet (Münster: 55 Minuten, Enschede: 57 Minuten) (s. Abb. 13). Die Patienten gelangen also innerhalb der für das Behandlungsergebnis wichtigen *golden hour* in ein Krankenhaus^{122,161,244,325}.

Dieses Ergebnis entspricht für Münster mit seinem notarztgestütztem System den Erwartungen^{292,339}. Das niederländische Rettungssystem hingegen ist formal ein Paramedic-System^{152,299,360}, welches sich durch kurze Einsatzdauern auszeichnet²⁹². Zur Ursachenklärung ist daher die Betrachtung der Einzelzeiten der Verweildauer und der Transportdauer notwendig: Die Analyse der Verweildauer des Rettungspersonals am Unfallort ergab keine signifikanten Zeitunterschiede. In beiden Ländern dauert der Einsatz am Unfallort etwa 21 bzw. knapp 24 Minuten (s. Abb. 14). Daraus ergibt sich, dass das Rettungspersonal aus Enschede etwa zwei Minuten länger am Einsatzort verweilt, als dies in Münster der Fall ist. Entgegen den Erwartungen sind es nicht die Einsätze von MMT, die eine längere Verweildauer am Einsatzort bewirken. Dies wirft die Frage auf, ob die Paramedics teilweise zu viel Zeit am Unfallort verbringen. Anscheinend verlangen Bergung und Versorgung polytraumatisierter Patienten aber ein Mindestmaß an Zeit an der Unfallstelle. Besonders zeitaufwändig ist die Befreiung eingeklemmter oder eingequetschter sowie die Rettung abgestürzter Personen^{291,315}. Das Legen eines intravenösen Zugangs, das Anlegen einer Zervikalstütze (engl.: *stiff neck*) sowie die Umlagerung des Patienten auf eine Vakuummatratze kann unter Umständen ebenfalls viel Zeit beanspruchen¹⁰⁹. Da diese Maßnahmen in beiden Ländern standardmäßig durchgeführt werden, ist dies auch eine Erklärung für die ähnlichen Zeiträume.

Andererseits erwartet man eine längere Verweildauer auf Seiten des notarztgestützten Systems, da Ärzte prähospital ausführlicher therapieren und somit mehr Zeit benötigen sowie eine kürzere Verweildauer für das Paramedic-System, in dem versucht wird, den Patienten im Anschluss an die nötigsten Behandlungen vor Ort so schnell wie möglich in ein Krankenhaus zu bringen^{292,339}.

Ursächlich für die Abweichungen kann eine in den letzten Jahren gewünschte und beobachtete Zunahme von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen durch die Paramedics am Einsatzort sein¹⁵¹. Außerdem könnten erneut Dokumentationsmängel das Resultat verzerren. So konnten in Münster bei der Analyse der Verweildauer am Unfallort lediglich Zeiten für 10 der 48 Patienten ausgewertet werden.

Die hier erzielten Ergebnisse widersprechen denen von Roudsari *et al.*³¹⁶, die darlegten, dass Deutschland mit seinem notarztgestützten System in Vergleich zu Ländern mit einem Paramedic-System deutlich längere Verweildauern am Unfallort aufweist. Dass diese längeren Verweildauern gleichzeitig negative Folgen für das endgültige Behandlungsergebnis haben müssen, wie von zahlreichen anderen Autoren behauptet^{82,96,120,157,324,325}, konnten sowohl Roudsari *et al.*³¹⁶ als auch Ringburg *et al.*³⁰⁹ nicht nachweisen. Osterwalder²⁹² befasste sich ebenfalls mit dem Vergleich von Einsatz-, Verweil- und Transportdauer. Auch bei seinen Untersuchungen waren die gemessenen Zeitintervalle des arztgestützten Systems deutlich länger als die des nicht-arztgestützten Systems.

Ein anderes Bild ergibt sich beim Vergleich der Transportzeiten vom Unfallort bis zum Schockraum. Zwar können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, dennoch werden für den Transport der Patienten in Münster 14 Minuten und somit knapp 3 Minuten mehr als in Enschede (ca. 11 Minuten) benötigt (s. Abb. 15). Ähnliche Zeitspannen wie in Münster publizierte Lay in seiner Dissertationsschrift²³³. Er analysierte die Einsatzzeiten in einer ländlich geprägten Region Bayerns. Osterwalder²⁹², der beide Systeme innerhalb der Schweiz miteinander verglich, erwies, dass für den Weg vom Unfallort bis ins Krankenhaus bei Einsätzen von Paramedics lediglich 10 Minuten vergingen - bei Einsätzen mit Notärzten hingegen 15 Minuten. Eine deutliche Verkürzung der Transportzeiten ist laut Shatney *et al.*³⁴³ lediglich durch den regelmäßigen Einsatz von RTH zu erzielen. Trotz der häufigeren Nutzung des RTH in Münster als in Enschede wirkt sich dies im untersuchten Zeitraum jedoch nicht positiv auf die Transportzeiten aus.

Mögliche Ursache der gefundenen Unterschiede zwischen Münster und Enschede ist zum einen, dass das Einzugsgebiet des Traumazentrums in Münster größer als das in Enschede ist. Da der Ort eines Unfallereignisses in Münster bisher nicht dokumentiert wird, kann über die tatsächliche Transportstrecke keine Aussage getroffen werden. Zum anderen kann dichter Straßenverkehr im Stadtgebiet die Transportzeit verlängern. Um dies zu bestätigen oder zu widerlegen, müsste jedoch bei jedem Einsatz eine genaue Dokumentation der Verkehrsverhältnisse durchgeführt werden. Dies wird aus Kosten- und Praktikabilitätsgründen wohl auch in Zukunft eher unwahrscheinlich sein.

Generell wurden bei der Auswertung der Einsatzzeiten viele Dokumentationsmängel festgestellt. Insbesondere der Datensatz aus Münster weist deutliche Lücken auf.

Die großen Mängel bei den Zeitangaben des Datensatzes könnten der Tatsache geschuldet sein, dass aufgrund der teilweise turbulenten Vorgänge am Unfallort und beim Transport eines Patienten keine Zeit für eine gründliche Dokumentation bleibt. Von ähnlichen Unvollständigkeiten berichten Yeguiayan *et al.*³⁸², die nur bei 55% des untersuchten Kollektivs die Transportzeiten auswerten konnten. Datenmängel in wissenschaftlichen Studien sind also keine Seltenheit³⁸². Meist sind es falsch oder nur teilweise ausgefüllte Protokolle, die zu Schwächen einer Datenbank führen und Ergebnisse relativieren^{72,180,269,328}.

Allerdings lässt sich mit Hilfe dieser Theorie nicht erklären, warum die Dokumentationsqualität in Enschede bei gleicher Erhebungsweise ungleich besser ist. Um die Vergleichbarkeit der Systeme in Zukunft zu vereinfachen und die Aussagekraft zu verbessern, sind vollständige Datensätze unerlässlich. Dies kann durch konsequentes Ausfüllen der Schockraumprotokolle direkt, während oder unmittelbar nach dem Einsatz erreicht werden. Außerdem bietet die elektronische Erfassung der Untersuchungsbefunde die Möglichkeit, die Zeitparameter automatisch computergestützt mit zu erfassen. Diese Mängel wurden in Münster inzwischen erkannt. Mit Hilfe von Qualitätskontrollen konnte die Datenvollständigkeit seit 2010 verbessert werden²¹⁷.

Trotz der genannten Schwierigkeiten wurden die Einsatz- und Transportintervalle in die Analysen einbezogen, um die Auswirkungen dieser Faktoren auf das Behandlungsergebnis abschätzen und diskutieren zu können. Durch die geringe Stichprobengröße und die zahlreichen fehlenden Werte sind die Ergebnisse jedoch nur eingeschränkt aussagekräftig und müssen mit Vorsicht betrachtet werden.

Die verschiedenen Arten von Transportmitteln werden in beiden Ländern sehr unterschiedlich häufig eingesetzt. Dies ist - genau wie die Häufigkeit von Arzteinsätzen am Unfallort - ein wichtiger Aspekt der Verschiedenartigkeit der Rettungssysteme. In Münster sind überwiegend mit Notärzten besetzte NAW (48,8%) und RTH (48,7%) an der Rettung polytraumatisierter Patienten beteiligt (s. Abb. 16). In Enschede kommt in der Mehrzahl der Fälle ein *ambulance* ohne Notarzt (70%) zum Einsatz. Allerdings wird auch dort häufig der RTH mit Notarzt zur Rettung angefordert (23,8%). In einigen wenigen Fällen erreichen Patienten, die später versterben, auch selbstständig oder mit Hilfe von Angehörigen die Klinik. Eine Erklärung für dieses Phänomen ist das Ausbleiben schwerer körperlicher Symptome trotz eines adäquaten Traumas. Ein Beispiel für ein solches Krankheitsbild ist das epidurale Hämatom als Folge der Blutung einer Meningealarterie. Nach einer anfänglichen Phase der Bewusstseinsstörung, kommt es kurzfristig im sogenannten freien Intervall zu einer Beschwerdebesserung, bevor es durch ansteigenden Hirndruck erneut zu Bewusstseinsstörungen mit anschließendem Koma kommt^{172,334}.

Generell spielt der RTH in den meisten Industrieländern eine zunehmend wichtige Rolle²⁷³. Primäres Ziel ist in Deutschland und den Niederlanden die schnelle Überbringung eines Notarztes an den Einsatzort, um mit der präklinischen Therapie frühestmöglich zu beginnen. Der Transport des Patienten geschieht in vielen Fällen bodengebunden²¹².

Im Vergleich zu anderen Ländern wird der RTH in Deutschland besonders häufig eingesetzt, was durch die hohe Anzahl von RTH Einsätzen in Münster gegenüber denen in Enschede unterstrichen wird. In einer von Ringburg *et al.*³⁰⁷ publizierten Arbeit wurden die geringen Einsatzzahlen in den Niederlanden sogar bereits moniert. Sie stellten fest, dass trotz des Vorliegens einer entsprechenden Indikation der RTH noch deutlich zu selten angefordert wurde.

Seit seiner ersten Nutzung in der zivilen Luftrettung ist der RTH mit seinen Vor- und Nachteilen Anlass ausgedehnter Diskussionen und zahlreicher Studien^{298,358,361}. Sowohl Frankema *et al.*¹⁶² als auch Oppe *et al.*²⁸⁹ konnten in ihren Untersuchungen demonstrieren, dass in erster Linie Patienten mit stumpfen Traumata vom Einsatz eines RTH profitieren und die Überlebenschancen nach Polytrauma dadurch gesteigert werden. Eine verbesserte Prognose wurde durch den Einsatz von RTH auch für schwer verletzte Patienten^{100,105,127,273,356}, speziell für solche mit Schädel-Hirn-Trauma nachgewiesen¹²⁶. Dieser Vorteil des luftgestützten gegenüber dem bodengebundenen Transport gilt insbesondere in ländlichen Regionen^{162,268}, weil der RTH sehr schnell

große Strecken zurücklegen und der Patient so direkt in ein Level I Traumazentrum transportiert werden kann^{78,247,272}. Trotz der hohen Transportgeschwindigkeit führt der Einsatz von RTH nicht zu einer wesentlichen Verkürzung der Gesamteinsatzdauer, da die Verweildauer von RTH am Unfallort laut Ringburg *et al.*³⁰⁹ meist länger ist als die von bodengebundenen Transportmitteln. Eine Ursache dafür ist, dass Patienten, die mit einem RTH gerettet werden, meist besonders schwer verletzt sind. Daher benötigt das Rettungspersonal erheblich länger, diese Patienten am Unfallort zu versorgen und für den Transport vorzubereiten³⁰⁹.

Neben dem schnelleren Transport über weite Strecken ist die Anwesenheit eines erfahrenen, fachärztlich ausgebildeten Notarztes, der generell zur Besatzung gehört, ein weiterer positiver Grund für die Nutzung von RTH in der Notfallrettung. Mehrere Studien ergaben, dass diese Notärzte durch ihre Berufserfahrung besonders in der Lage sind, nötige Interventionen wie endotracheale Intubationen oder die Gabe von Medikamenten sicher durchzuführen^{127,311,372}. Im Zuge dessen wiesen Butler *et al.*¹⁰⁸ nach, dass nicht der RTH an sich, sondern der Einsatz eines Notarztes für die verbesserte Überlebenschancen des Patienten verantwortlich ist. Ebenso argumentierten Lossius *et al.*²⁴⁶, dass die Mortalität in erster Linie wegen frühzeitiger Therapie und nur zum geringen Teil aufgrund eines schnelleren Transports gesenkt wird. Vor allem ein gutes Atemwegmanagement verbessert das Outcome von Polytraumapatienten deutlich³⁷².

Kritiker der luftgestützten Notfallrettung verweisen vor allem auf die hohen Kosten, die der Einsatz von RTH zweifelsohne mit sich bringt^{98,134,347}. Den unmittelbaren Einsatzkosten muss jedoch die Ersparnis durch geringere Folgekosten für die Allgemeinheit, eine bessere Lebensqualität für den Patienten und eine frühere Wiedereingliederung in den Arbeitsalltag gegenübergestellt werden^{176,308}. Aus Gründen der Kostensenkung haben die niederländischen Behörden die deutschen RTH-Standorte explizit in ihren Planungen berücksichtigt. Daher ist dank der gemeinsamen Nutzung die Auslastung der RTH im Grenzgebiet zwischen Deutschland und den Niederlanden deutlich höher als in anderen Regionen. Die Ausgaben pro Flug- und Bereitstellungskosten können somit aufgeteilt und minimiert werden¹.

Ein weiterer Kritikpunkt ist die Gefahr, die durch den Einsatz eines RTH für dessen Besatzung entsteht. Unfälle mit tödlichem Ausgang und Materialverlust sind beträchtlich häufiger als in allen anderen Bereichen der Luftfahrt. So zeigte eine Metaanalyse, die Studien ausgewerteter RTH-Unfälle über den Zeitraum von 10 Jahren analysierte, dass es pro 100.000 transportierter Patienten zu 4,79 Unfällen

kam⁸³. Hinkelbein *et al.*²⁰⁹ erzielten in ihrer Arbeit ähnliche Ergebnisse. Daher sollte vor jedem Einsatzflug die Indikation geprüft werden, um das Verhältnis zwischen Nutzen und Risiko für den Patienten und für die Besatzung zu optimieren.

Darüber hinaus wird die Abhängigkeit der RTH von jahreszeitlichen bzw. tageszeitlichen Bedingungen bemängelt, weil RTH dadurch nicht als allzeit verfügbares Rettungsmittel angesehen werden können^{59,268,311}.

Trotz zahlreicher Untersuchungen gibt es bis heute keinen allgemeingültigen Nachweis, dass RTH-Einsätze für das Überleben von Traumapatienten von Nutzen sind^{211,345}.

Der Einsatz von Notärzten am Unfallort ist ebenfalls seit Jahren Streitpunkt im Bereich der präklinischen Notfallmedizin. Einige Studien empfehlen bei bestimmten Verletzungsmustern gut ausgebildete Notärzte einzusetzen^{160,246,335,338,345}. Andere Arbeiten kommen zu dem Schluss, dass es keinen Unterschied darstellt, ob ein Notarzt oder ein Paramedic präklinisch therapiert^{106,234,285,309}.

Deutschland verfolgt mit dem Notarztssystem einen grundlegend anderen Ansatz als die Niederlande^{141,299,360}. Der Gegensatz wird bei der Ergebnisanalyse dieser Studie deutlich (s. Abb. 17). In Münster ist abgesehen von einem Einsatz bei allen Einsätzen (97,4%) ein Notarzt am Unfallort anwesend. Nach Begutachtung der Patientenparameter ist es wahrscheinlich, dass die Verletzungen dieses einen Unfallopfers von den Rettungsassistenten vor Ort oder der Leitstelle unterschätzt wurden und deshalb kein Notarzt hinzugezogen wurde. In Enschede hingegen arbeitet in der Mehrzahl der Fälle (71,4%) ein AMBU-Team ohne notärztliche Unterstützung.

In Deutschland beruft man sich darauf, dass ein Notarzt am Unfallort vielfältigere fachliche und organisatorische Fähigkeiten als ein Paramedic mitbringt. Diese helfen ihm, in Notfallsituationen schnell und den Gegebenheiten angepasst zu entscheiden und frühzeitig die richtige Therapie einzuleiten^{339,366}. Vor allem bei sehr komplexen und unübersichtlichen Einsätzen, die ein Abweichen von vorgegebenen Handlungsanweisungen erfordern, ist er befähigt, individuell auf die Problematik zu reagieren³³⁹. Gerade ländliche Gebiete sind aufgrund ihrer Weiträumigkeit und der damit verbundenen längeren Fahrtwege für den Einsatz eines Notarztes prädestiniert. Er wird für die ausführliche Vorbereitung bei schwerverletzten Patienten vor dem Transport benötigt^{194,339}.

In vielen Studien konnte ein protektiver Effekt frühzeitiger ärztlicher Therapie für polytraumatisierte Patienten nachgewiesen werden^{71,88,174,246,292,317,331}. Einige große

Analysen kamen sogar zu dem Ergebnis, dass der Einsatz eines Notarztes die Mortalität am Unfallort stärker senkt als der Einsatz von Paramedics^{88,162,289,292,317}. Durch seine Ausbildung ist der Notarzt geeignet, nötige Interventionen wie endotracheale Intubationen, effektive Schmerztherapien oder Narkosen erfolgreich durchzuführen^{58,71,160}. Daher werden die Gabe von Medikamenten und die Durchführung einer Intubation in notarztgestützten Rettungssystemen deutlich großzügiger gehandhabt als in Paramedic-Systemen³¹⁶. Eine intensive präklinische Versorgung durch Notärzte kann allerdings auch zu einer paradox wirkenden Steigerung der Mortalitätsrate in der Klinik führen, da einige Patienten bei einer weniger ausführlichen Therapie ansonsten bereits am Unfallort oder während des Transports versterben würden^{136,207,317}.

Yeguiayan *et al.*³⁸² wiesen nach, dass durch den notärztlichen Einsatz die 30-Tages-Mortalität deutlich, die kurzfristige 72-Stunden-Mortalität jedoch kaum gesenkt wird. Darüber hinaus kamen Sefrin *et al.*³³⁹ zu dem Ergebnis, dass Notarzteinsätze eine positive Kosten-Nutzen-Relation aufweisen und volkswirtschaftlich von Vorteil sind, da die Entlassungsraten aus dem Krankenhaus nach initialer Notarztbehandlung deutlich höher als bei vergleichbaren Paramedic-Systemen waren^{88,160}.

In den Niederlanden wird überwiegend auf ein Paramedic-System vertraut. Bei Bedarf können aber auch hier Notärzte angefordert werden^{152,299}. Verfechter dieses Systems verweisen in erster Linie auf die große Kompetenz, die ein Paramedic vorzuweisen hat. Dank einer ausführlichen Ausbildung und regelmäßiger Einsätze kann er mit viel Erfahrung aufwarten. Im Vergleich zu Ärzten, die in Deutschland nicht ausschließlich sondern lediglich phasenweise als Notarzt tätig sind^{142,366}, übersteigt die Einsatzanzahl der Paramedics die der Notärzte oft um ein Vielfaches. Dieser Umstand führt unweigerlich zu einem Routinevorteil für die Paramedics. Obwohl Notärzte insgesamt ein breiteres Spektrum an lebensrettenden interventionellen Maßnahmen als Paramedics haben^{74,95,102}, ist die geringe notärztliche Einsatzhäufigkeit wesentlich verantwortlich für teilweise unzureichende fachliche Leistungen in speziellen Notfallsituationen³³⁹. Bei einer Befragung unter Notärzten fanden Zink *et al.*³⁸⁷ heraus, dass etwa 10% aller Notärzte aufgrund von Erfahrungsmangel Angst vor einem Einsatz mit polytraumatisierten Patienten haben.

Einige Studien warten zudem mit dem Kritikpunkt auf, dass Notärzte häufig nicht genügend standardisiert arbeiten und von vorgegebenen Leitlinien abweichen^{348,375}. Die getroffenen Entscheidungen werden von zu vielen Emotionen sowie individuellen Vorlieben und Fähigkeiten beeinflusst¹⁵³. Zusätzlich wird der zeitliche Aufwand für

bestimmte Interventionen von vielen Notärzten unterschätzt³⁶⁶. Dies alles führt zu längeren Behandlungs- und Verweildauern am Unfallort³⁴⁸ und damit laut Graf *et al.*¹⁸⁸ und Liberman *et al.*²⁴² zu einer Steigerung der Mortalitätsrate. Insbesondere bei Patienten mit penetrierenden Traumata entscheidet eine zeitnahe operative Versorgung im Krankenhaus über Leben und Tod. Das geht aus Analysen im Militärwesen hervor^{147,221}. Nach Sampalis *et al.*³²⁵ sind Paramedics aufgrund ihres geregelteren Vorgehens am Unfallort daher für die Rettung schwerverletzter Patienten besonders geeignet.

Bei allem Für und Wider muss festgehalten werden, dass es von Seiten der Literatur keine eindeutige Aussage für oder gegen eines der beiden Rettungssysteme gibt^{88,201,342}.

4.6 Verletzungsscores

Verletzungsscores wurden entwickelt und eingeführt, um Verletzungen von verunfallten Patienten objektiv einschätzen, klassifizieren und vergleichen zu können. Diese Scores übersetzen Verletzungsmuster, -schwere und -lokalisierung in Punktwerte, die dann mit denen anderer Patienten verglichen werden können. Sie werden vornehmlich in der präklinischen Notfallmedizin, der klinischen Primärversorgung sowie der Intensivmedizin eingesetzt^{92,238,259}.

Studien aus der ganzen Welt, die Traumasysteme vergleichen, nutzen zur Einordnung der verschiedenen Patientenkollektive überwiegend den Injury Severity Score (ISS)^{118,277,316,317,357,384}. Dieser wird international als Goldstandard in der Bewertung von Traumapatienten angesehen, da er in enger Beziehung zur Letalität steht²³⁸. Seine Berechnung findet auf Grundlage der Abbreviated Injury Scale (AIS) statt. Patienten, die einen $ISS \geq 16$ aufweisen, werden als schwerverletzt bezeichnet und haben eine signifikant höhere Gefahr zu versterben als Patienten mit einem $ISS \leq 15$ ^{68,177}. Die erstgenannte Patientengruppe profitiert besonders von einer schnellen medizinischen Versorgung³⁴⁸.

Der Median des in dieser Studie ermittelten ISS ist in beiden Städten unterschiedlich. Weisen die verstorbenen Patienten in Münster einen mittleren ISS von 36 auf, so haben die Patienten in Enschede lediglich einen ISS von 25 (s. Abb. 20). Auch aus der Aufteilung des ISS nach Patienten, die innerhalb und später als 24 Stunden nach dem

Unfall verstarben, ergeben sich im Städtevergleich keine weiteren Erkenntnisse. Bei gezielter Betrachtung des Patientenkollektivs aus Enschede fällt jedoch ein niedrigerer ISS (22) der Patienten auf, die nach einem Tag, im Vergleich zu denen, die innerhalb von 24 Stunden verstarben. Ein möglicher Schluss daraus ist, dass eine geringfügigere Verletzungsschwere mit einer längeren Überlebenszeit einhergeht. Eine Verallgemeinerung ist allerdings nicht möglich, da sich diese Beobachtung nicht durch das Münsteraner Kollektiv bestätigen lässt.

Der Unterschied zwischen der deutlich geringer dokumentierten Verletzungsschwere der verstorbenen Patienten in Enschede gegenüber Münster verwundert, da in beiden Ländern das Alter und das Geschlecht sowie der Verletzungsmechanismus sehr ähnlich und somit gut vergleichbar sind. Zudem sind die Bevölkerungsdichte, die Infrastruktur und die Qualität des jeweiligen Traumazentrums in den beiden Regionen gleichzusetzen. Die Ursachen für den großen Unterschied der ISS-Mediane müssen also in anderen Bereichen zu finden sein. Im Verlauf der Studie fiel auf, dass die Erhebungsmethode in Münster deutlich von der in Enschede abweicht. In Enschede wird der ISS sehr genau anhand der AIS-Werte berechnet. Konkret bedeutet das, dass *ambulanceverpleegkundige* oder Notärzte bereits beim Eintreffen im Schockraum für jede AIS-Körperregion eine Diagnose in Textform verfassen. Diese werden vom speziell dafür ausgebildeten Daten-Manager auf Grundlage des AIS-Katalogs des Jahres 2005 (AIS 05) später in Zahlenwerte umgewandelt¹⁵¹. Die drei höchsten der sechs AIS-Werte werden dann nach der bekannten Formel für die Berechnung des ISS genutzt⁶⁸. Ähnlich geschieht dies in Münster seit dem 01. Januar 2009. In den Jahren zuvor, wurden die AIS-, sowie die ISS-Werte von den zuständigen Notärzten am Ende der Schockraumbehandlung meist nur geschätzt²¹⁷. Diese Art der Erhebung ist durch die subjektive Bewertung der Notärzte interindividuell stark unterschiedlich und führt zwangsläufig zu Ungenauigkeiten³⁷⁴. Bei der Beurteilung der Ergebnisse muss dies berücksichtigt werden. Wurden Patienten aus Münster, die in dieser Studie auftauchen, folglich als zu stark verletzt angesehen und erhielten sie somit einen zu hohen ISS? Beim Vergleich der Daten des Traumaregisters Münster vor dem 31. Dezember 2008 und nach dem 1. Januar 2009 fielen die Ergebnisse der ISS-Beurteilung trotz geänderter Erhebungsmethoden nicht verschieden aus. Der ISS zeigt ein über diese Jahre hinweg einheitliches und nur in geringem Maße schwankendes Niveau⁵³. Es ist also über den gesamten Zeitraum gesehen eher unwahrscheinlich, dass durch die subjektive Einschätzung der Notärzte eine Überbewertung entstanden ist. Im Vergleich zu den von Biewener *et al.*⁸⁰ ermittelten ISS-Werten (40 ± 19) von verstorbenen

polytraumatisierten Patienten sind selbst die in Münster ermittelten Werte niedrig. Dieser Sachlage widersprechen hingegen die von de Knecht *et al.*¹³³ genutzten Daten in einer niederländischen Studie, in der der Todeszeitpunkt von Patienten nach stumpfem Trauma ermittelt wurde. Hierbei wies das untersuchte Patientenkollektiv einen mittleren ISS von $27,1 \pm 13,3$ auf, was den erhobenen Werten aus Enschede sehr nahe kommt. Eine andere Erklärung für die vorhandenen Unterschiede kann die Erfahrung im Umgang mit Score-Systemen sein. Waydhas *et al.*³⁷⁴ deuteten bereits 1992 in einer Studie an, dass der ISS je nach Untersucher bei ein und demselben Patienten deutlich schwankt, und führten dies vorwiegend auf den unterschiedlichen Ausbildungsgrad der Probanden zurück. So vergaben berufserfahrene und mit dem ISS vertraute Ärzte deutlich höhere Punktzahlen als ihre unerfahreneren Kollegen.

Zahlreiche Untersuchungen wiesen nach, dass Fehleinschätzungen der präklinischen Verletzungsschwere und eine damit einhergehende falsche Zuordnung von Verletzungsscores in der Praxis keine Seltenheit darstellen^{60,66,67,277,388}. Überschätzungen der Verletzungsschwere kommen dabei laut Muhm *et al.*²⁷⁷ ebenso häufig wie Unterschätzungen vor. Fehlerhafte Bewertungen von Verletzungen sollten also nur geringfügigen Einfluss auf den Median der Gesamtwerte haben.

Erheblich kann hingegen die Unvollständigkeit von Daten das Ergebnis beeinflussen. Ringburg *et al.*³⁰⁹ monierten in ihrer Studie bereits 2005 das Problem fehlender Scorewerte und mussten ihre Studienergebnisse deshalb relativieren. Auch bei der hier vorliegenden Studie wurden einige Patienten, bei denen der ISS nicht dokumentiert war, ausgeschlossen. Ob diese Patienten eher leicht oder besonders schwer verletzt waren, lässt sich aus den vorliegenden Datensätzen nicht nachvollziehen.

Trotz aller genannten Mängel des ISS wird er auch von anderen Studien für Vergleiche zwischen deutschem und australischem¹⁵⁵ bzw. schottischem³⁵⁷ Rettungssystem genutzt. Auch hier fand sich in Deutschland ein höherer mittlerer ISS als in den verglichenen Ländern.

All diese Studienergebnisse untermauern, dass die korrekte Erhebung des ISS in der Literatur kontrovers diskutiert wird und dass zwangsläufig mit uneinheitlichen ISS-Niveaus gearbeitet werden muss. Ein offensichtlicher Einschätzungs- bzw. Dokumentationsfehler auf einer der beiden Seiten kann also weder nachgewiesen noch komplett ausgeschlossen werden. Somit sind die hier genutzten Daten bis auf Weiteres als vergleichsfähig anzusehen.

Generell ist der relativ geringe ISS, der in Enschede ermittelt wurde, bemerkenswert, da alle Patienten dieser Studie verstarben. Als weitere Ursache hierfür kommt neben

dem bereits dargestellten Dokumentationsunterschied eine grundsätzlich andere Ethik beim Umgang mit schwerstverletzten Patienten in Betracht. So wird in den Niederlanden bei Patienten, deren Überlebenschancen minimal sind, frühzeitiger als in Deutschland auf eine maximal aggressive Therapie verzichtet^{86,151}. Der damit einhergehende zurückhaltende Einsatz von Intubationen und anderen invasiven Maßnahmen kann erklären, warum trotz eines deutlich niedrigeren ISS in Enschede in beiden Gruppen prozentual gleich viele Patienten in den ersten 24 Stunden nach dem Unfallereignis verstarben.

Als dritter Aspekt muss auch die Form der präklinischen medizinischen Versorgung berücksichtigt werden. Jede Intervention hat nämlich Einfluss auf das Ergebnis des Scores. So kann eine gute Therapie den ISS bereits erheblich absenken. Anhand der reinen Zahlenwerte kann also nicht zwischen einer erfolgreichen Behandlung und einer geringfügigen Verletzung unterschieden werden^{170,323}. Der Einfluss von präklinischen Eingriffen wird jedoch in einem eigenen Kapitel gesondert dargestellt und diskutiert.

Da sich der ISS aus der Abbreviated Injury Scale (AIS) berechnet²³⁸, liegen auch hierbei im Mittel deutlich niedrigere Werte in Enschede vor. Wie beim ISS gilt: je höher die Punktzahl, desto schwerer die Verletzung. Bei genauer Betrachtung liegen in Enschede bei allen Körperregionen mehr leichte Verletzungen mit einer $AIS \leq 3$ als in Münster vor (s. Abb. 19). Schwere Verletzungen mit einer $AIS \geq 4$ finden sich bei den für das Outcome wichtigen Körperregionen Kopf und Thorax in beiden Ländern etwa gleich häufig (s. Abb. 18). Für alle übrigen Körperregionen wurden deutlich schwerere Verletzungen in Münster registriert. Dies führt zwangsläufig zu der Frage, warum zahlreiche Patienten mit einem relativ niedrigen AIS in Enschede verstarben. Ein medianer ISS von 25, wie er in Enschede vorliegt, bedeutet nämlich auch, dass die drei am schwersten verletzten Körperregionen teilweise nicht einmal einen $AIS \geq 3$ aufweisen. Die dokumentierten Verletzungen waren somit bei einigen Patienten zunächst nicht lebensbedrohlich^{68,92}. Wurden die Verletzungen am Unfallort also generell unterschätzt? Da sich jedoch auch beim AIS, wie bereits beim ISS erklärt, die Unterschiede bei der Datenerfassung auswirken und gerade bei dieser Auswertung die sehr geringe Kollektivgröße besonders stark ins Gewicht fällt, kann keine endgültige Aussage zu den gefundenen Ergebnissen gemacht werden. Prinzipiell scheint die Erhebung der AIS-Werte ein komplexes Verfahren zu sein, wodurch auch die Vergleichbarkeit relativiert werden muss. Mancuso *et al.*²⁶² wiesen in einer Studie mit 3.375 Traumapatienten nach, dass AIS-Werte nur in 29% der Fälle mit den wirklichen

Verletzungen übereinstimmen. Eine fehlerfreie Erhebung könne aufgrund der Komplexität vieler Verletzungen laut Mancuso *et al.*²⁶² wahrscheinlich nie erreicht werden. Lediglich regelmäßige Unterrichtseinheiten, sowie eine stetige Kontrolle der Daten könne dazu beitragen die Häufigkeit der Fehler zu reduzieren.

Ebenso kann eine systematische Unterschätzung von schweren Verletzungen vor allem im Bereich des Beckens und der Extremitäten, wie von Muhm *et al.*²⁷⁷ beschrieben, die Ursache für die geringeren AIS-Werte in Enschede sein. Zu ähnlichen Ergebnissen führten die Untersuchungen von Biewener *et al.*⁸⁰, die das häufige Übersehen von Thoraxverletzungen im präklinischen Rahmen anmerkten. Auch Simon *et al.*³⁴⁴ sahen einen Trend zum Übersehen von Verletzungen am Unfallort. Eine solche Verknennung der Verletzungsschwere und als Konsequenz eine daraus resultierende weniger intensive Therapie, hat nachweislich schwere Folgen für die Genesung und die Langzeitprognose des Patienten^{154,303,344}.

Im Vergleich zu Rumpfverletzungen werden Schädel-Hirn-Traumata hingegen seltener nicht entdeckt, da sie wegen des Leitsymptoms Bewusstlosigkeit schneller und sicherer diagnostiziert werden können^{62,80,344}. Zudem bestätigt die hier vorliegende Erhebung die Ergebnisse vorhergegangener Studien: Schwere Schädelverletzungen treten bei Polytraumata mit Todesfolge besonders häufig auf^{63,101,155,386}. Champion *et al.*¹¹³ zeigten schon 1990 in einer großangelegten Arbeit mit über 80.000 Patienten, dass Patienten, die eine Kopfverletzung mit einem AIS ≤ 3 aufwiesen, lediglich in etwa 5% der Fälle ihren Verletzung erlagen. Bei Kopfverletzungen mit einem AIS ≥ 4 betrug die Sterbewahrscheinlichkeit hingegen über 40%. Unabhängig vom Schweregrad der Verletzung ist bei Patienten, die ein Polytrauma überlebten, das Outcome selbst nach 10 Jahren deutlich schlechter, wenn es im Rahmen des Unfalls zu einer Kopfverletzung kam³⁸³.

Neurologische Einschränkungen, die als Folge eines Schädel-Hirn-Traumas auftreten, lassen sich am besten mit Hilfe der Glasgow Coma Scale (GCS) einschätzen. Sie testet die Bewusstseinslage anhand der Variablen Augenöffnen, verbale Reaktion und motorische Reaktion^{92,359}. Es können Punktzahlen von 3 bis 15 erreicht werden. Niedrige Werte weisen auf eine schlechte, hohe Werte hingegen auf eine gute Bewusstseinslage hin⁹². Von einem Schädel-Hirn-Trauma wird in der Literatur ab einer GCS < 9 gesprochen³⁸⁶. In Enschede erhielten 84,6% und in Münster etwa 83% aller Patienten Werte zwischen 3 und 8 bereits am Unfallort (s. Abb. 25).

Die einzelnen Punktwerte werden sowohl in Enschede als auch in Münster einmal beim Eintreffen des Rettungspersonals am Unfallort und erneut beim Eintreffen im Schockraum erhoben. Damit lassen sich die neurologische Entwicklung des Patienten, aber auch die Folgen der präklinischen Interventionen gut darstellen. Veränderungen der GCS-Werte zwischen Unfallort und Schockraum dienen laut Davis *et al.*¹²⁹ als Gradmesser für die langfristige Entwicklung des Patienten.

Die Dokumentationsqualität der GCS ist in beiden Städten außerordentlich gut. So wurden am Unfallort in Münster bei 98% und in Enschede bei 83% der Patienten die GCS bereits am Unfallort erhoben, was im Vergleich zu den in der Literatur angegebenen Werten von etwa 66% überdurchschnittlich gut ist.²²⁷ Das Ergebnis in den beiden Städten ist somit ein eindeutiges Indiz für die hohe Akzeptanz der GCS. Dennoch berichten Zuercher *et al.*³⁸⁹ in einer großangelegten Review-Studie von zahlreichen Fällen, in denen die GCS vor allem am Unfallort uneinheitlich und nicht zu einem festgelegten Zeitpunkt erhoben wird. Sie weisen somit auf eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der GCS-Werte hin. Da in der hier vorliegenden Untersuchung gerade die am Unfallort erhobenen Werte große Ähnlichkeiten aufzeigen, ist zu diesem Untersuchungszeitpunkt nicht von einem systematischen Erhebungsfehler auszugehen. So ist der Median der GCS am Unfallort mit einem Wert von 3 in Münster nur unwesentlich geringer als der in Enschede mit 4 Punkten (s. Abb. 23). Es lässt sich feststellen, dass die Patienten beider Länder laut erster Einschätzung etwa ähnlich schwere neurologische Einschränkungen aufweisen. Allerdings zeigt die Auswertung bei einigen Patienten am Unfallort eine GCS von 15, was einem neurologisch gesunden Menschen entspricht. Die Erklärung dafür liegt in den kurzzeitigen Kompensationsmöglichkeiten des menschlichen Körpers. Diese Patienten verschlechtern sich dann meist erst im Laufe der präklinischen Behandlung, während des Transports oder sogar erst nach Ankunft im Schockraum^{86,217}.

Die Erhebung der GCS im Schockraum ergibt ähnlich wie die Studie von Arabi *et al.*⁶⁴, eine im Mittel nur unwesentliche Veränderung der GCS-Werte gegenüber denen vom Unfallort. Bei genauerer Betrachtung fallen trotz eines Median der GCS von 3 in beiden Städten die zahlreichen höheren Werte in Enschede ins Auge (s. Abb. 24). In Münster wurde, abgesehen von einem Patienten, bei allen anderen eine GCS von 3 dokumentiert. Dies verwundert nicht, da in Deutschland schwerverletzte Patienten im Vergleich zu vielen anderen Ländern sehr großzügig analgosediert und intubiert werden^{316,331,357}. Nachteil dieser frühen Intervention ist, dass die tatsächliche

Bewusstseinslage des Patienten im Schockraum nicht mehr eingeschätzt werden kann²⁶⁴.

Die zahlreichen hohen GCS-Werte von ≥ 13 in Enschede sind angesichts der Tatsache, dass alle Patienten verstarben, verwunderlich. Entweder handelt es sich um eine systematische Fehleinschätzung der Verletzungsschwere, eine fehlerhafte Dokumentation oder aber um unzureichende Therapieansätze. Ursächlich könnten auch Verletzungen sein, die den neurologischen Status zunächst nur gering beeinträchtigen.

Der Revised Trauma Score (RTS) hat, wie bereits erwähnt, eine enge Korrelation mit der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten^{117,168}. Niedrige Punktwerte zeigen eine schlechte, hohe Punktwerte eine gute Prognose an. Für die Ermittlung des RTS werden die GCS, der systolische Blutdruck sowie die Atemfrequenz benötigt. Alle Parameter werden sowohl beim Eintreffen des Rettungsdienstes an der Einsatzstelle als auch beim Erreichen des Schockraums erhoben. Der RTS ist gut geeignet, um einen kurzen Überblick über den physiologischen Zustand des Patienten zu erhalten^{181,312}. Allerdings limitiert die Gewichtung der Parameterwerte mittels Koeffizienten die einfache klinische Anwendbarkeit⁹². Trotzdem zählt er momentan im Bereich der Traumaforschung und der Qualitätskontrolle zu den Standardverfahren²⁷⁵. Zudem wird er zur Vorhersage der Krankenhausmortalität bei schwerverletzten Patienten eingesetzt²²⁶, obwohl diese Anwendung umstritten ist²⁷⁶. Laut mehrerer Studien aus den Niederlanden eignet sich der RTS hingegen nicht zu Triage-Zwecken^{181,312}.

Da die GCS in die Berechnung des RTS einfließt, sind die Ergebnisse des RTS denen der GCS tendenziell ähnlich. So ist der mediane Wert in Münster und Enschede sowohl am Unfallort als auch im Schockraum fast gleich (s. Abb. 27 und Abb. 28). Allerdings führt die breite Streuung der Angaben aus dem Schockraum in Enschede zu einem insgesamt signifikant höheren Niveau. Dazu tragen unter anderem sechs Patienten bei, die mit einem maximalen RTS von 7,8408 verzeichnet sind. Erstaunlich ist, dass diese Patienten trotz solch hoher Werte letztendlich ihren Verletzungen erlagen, obwohl ein RTS von 7,8408 laut Champion *et al.*¹¹⁷ mit einer statistischen Überlebenswahrscheinlichkeit von fast 98% korreliert. Mangels weiterführender Informationen über den Therapieverlauf kann die Ursache der Diskrepanz zwischen hohen Scorewerten und dem späteren Versterben nicht abschließend geklärt werden.

Des Weiteren sind sechs Patienten aus Münster besonders erwähnenswert, die am Unfallort mit einem RTS von 0,000 registriert wurden. Dabei sind Zweifel an der Korrektheit dieser Angaben durchaus berechtigt. Ein RTS von 0,000 bedeutet nämlich, dass zum Erhebungszeitpunkt eine GCS von 3 und ein systolischer Blutdruck sowie eine Atemfrequenz von 0 vorgelegen haben muss. Betrachtet man dazu noch, dass drei dieser sechs Patienten im Schockraum nach wie vor einen RTS von 0,000 aufweisen, liegt die Vermutung nahe, dass es sich entweder um eine durchgehende Fehldokumentation handelt oder diese drei Patienten unter Reanimation eingeliefert wurden. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass sie bereits am Unfallort verstarben und somit fälschlicherweise in der hiesigen Statistik auftauchen.

Mangelhafte Datenqualität, die auch bei der vorliegenden Arbeit wahrscheinlich Einfluss auf das Ergebnis hat, ist ein in der Literatur häufig beschriebenes Problem^{90,113,168}. So war es Champion *et al.*¹¹³ aufgrund lückenhafter Dokumentation bei 11% der untersuchten Patienten nicht möglich einen RTS zu erheben. In Münster konnte am Unfallort für immerhin 96% der Patienten der RTS berechnet werden, was in Enschede lediglich für 49% der Patienten gelang. Dabei ist die Aufzeichnung des systolischen Blutdrucks besonders lückenhaft. Die Ursachen dafür können vielschichtig sein. So gibt es Berichte von Notärzten, dass es durch widrige Verhältnisse am Unfallort zum Teil nicht möglich sei, den Blutdruck korrekt zu messen. Zudem werden die ermittelten Blutdruckwerte nicht zuverlässig in das dafür vorgesehene Protokoll übertragen^{86,217}. Für den Schockraum liegt hingegen eine fast vollständige Dokumentation in beiden Ländern vor.

Eine Aussage zur präklinischen Versorgungsqualität oder zum Patientenbefinden lassen die große Streuung der Werte sowie die geringe Kollektivgröße nicht zu.

Ein weitverbreiteter Parameter zur Berechnung der Überlebenschance und zum Vergleich der Leistungsfähigkeit von Rettungssystemen ist der Trauma and Injury Severity Score (TRISS)^{94,170,182,238}. Er verknüpft den RTS, den ISS, die Verletzungsart sowie das Alter des Patienten in einer Funktion und findet international bei der Berechnung des Outcomes von Traumapatienten Anwendung^{129,183,288}. Aus der ermittelten Exponentialfunktion lässt sich unmittelbar die Überlebenschance ablesen. Dadurch kann bei verstorbenen Patienten retrospektiv die Qualität und Aussagefähigkeit des TRISS beleuchtet werden. Zudem ergibt sich die Möglichkeit, die Einschätzung der Verletzungsschwere durch das Rettungspersonal zu überprüfen sowie die Wirksamkeit durchgeführter Therapien zu beurteilen.

Der Vergleich der hier ermittelten Ergebnisse offenbart bereits auf den ersten Blick massive Unterschiede (s. Abb. 29). So wird in Münster eine Überlebenschance der später verstorbenen Patienten von 13,1% prognostiziert, was bei den in der Literatur beschriebenen Ungenauigkeiten des Scores ein durchaus akzeptables Ergebnis ist^{111,116,170,198,223}. Allerdings weisen zwei der verstorbenen Patienten eine berechnete Überlebenschance von 82% bzw. 89% auf. In Enschede wurde ein Median von 49,1% Überlebenschance berechnet.

Bedenkt man, dass alle Patienten dieser Studie verstarben, ist dieses Ergebnis mehr als überraschend. Für die beobachtete Divergenz kommen unterschiedliche Faktoren in Betracht: Zunächst müssen die bereits angesprochenen Unterschiede bei der ISS-Erhebung in Münster und Enschede berücksichtigt werden, da der ISS eine entscheidende Variable bei der Berechnung des TRISS darstellt. In Zukunft sollten daher die einfließenden Scores direkt nach der Erhebung auf Plausibilität überprüft werden. Auch die Art und Weise der Erhebung sollte standardisierter und in beiden Ländern einheitlich erfolgen. Dadurch würde die Aussagefähigkeit des TRISS gesteigert und die Möglichkeit, Rückschlüsse auf die präklinisch durchgeführte Therapie zu ziehen, eröffnet. Ein hoher TRISS bei später verstorbenen Patienten könnte dann als Hinweis auf ein mangelhaftes Patientenmanagement im prähospitalen Bereich angesehen werden. Gezielte Untersuchungen dieser Fälle würden zur Optimierung der medizinischen Interventionen und somit zur Verbesserung der prognostizierten als auch der tatsächlichen Überlebenschance beitragen.

Teilweise kann das schlechte Resultat auch auf die umstrittene Anwendung des TRISS als Prognosewert zurückgeführt werden. So demonstrierten mehrere Studien, dass die Vorhersagekraft des TRISS sowohl bei älteren Patienten als auch bei Patienten, die aus geringer Höhe gestürzt waren, limitiert ist^{111,170,216}. Kopf- und Mehrfachverletzungen werden tendenziell unterschätzt^{111,288}. Ein weiterer Mangel ist die Beteiligung der GCS an der TRISS Berechnung. Zum einen wird die GCS interindividuell sehr unterschiedlich erhoben¹⁶⁹ und zum anderen beeinflusst die frühzeitige Intubation das Vorhersageergebnis¹⁷⁰. Kritiker weisen immer wieder darauf hin, dass sich die Traumaversorgung in den letzten 25 Jahren, seit der Einführung des TRISS, deutlich verändert hat. Daher sollten Behandlungsergebnisse heutiger Patienten nicht mit den Behandlungsergebnissen von 1990, auf denen die Daten der Major Trauma Outcome Study¹¹³ beruhen, verglichen werden²⁶⁸. Demetriades et al¹³⁷ schlagen sogar vor, den TRISS entgegen aller Gepflogenheiten wegen der genannten

Schwächen für den Vergleich des Behandlungsergebnisses von Traumapatienten im Krankenhaus gar nicht mehr anzuwenden.

Aus diesem Grund hat sich in den letzten Jahren die Nutzung der Revised Injury Severity Classification (RISC) zunehmend durchgesetzt. Sie bildet die unterschiedlichen Verletzungsmuster und den aktuellen Zustand des Organismus differenzierter ab und gewinnt dadurch gegenüber dem TRISS deutlich an prognostischer Aussagekraft^{99,237}. In ihre Berechnung fließen das Alter, der ISS, Kopfverletzungen, schwere Beckentraumata, die GCS, die partielle Thromboplastinzeit (PTT), die Basenabweichung (*base excess* (BE)), eine stattgehabte präklinische Reanimation sowie indirekte Blutungszeichen (Schock, niedriges Hämoglobin, massive Bluttransfusion) ein. Dank der erwähnten Qualitäten wird die RISC seit 2004 auch vom Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) für die Prognosestellung von Traumapatienten genutzt³¹⁹. In der hier vorliegenden Arbeit war die Verwendung der RISC als Vergleichsparameter nicht möglich, da das für die Berechnung nötige Datenmaterial nicht zur Verfügung stand. Der Einsatz dieses Scores in zukünftigen vergleichenden Studien sollte zu einer qualitativ hochwertigeren Aussage führen. Interessant wäre dabei auch ein direkter Vergleich zwischen TRISS und RISC in ein und demselben Patientenkollektiv.

Für einen aussagekräftigen Vergleich präklinischer Versorgungssysteme ist ein Score, der die Überlebenswahrscheinlichkeit prognostiziert, unerlässlich. Daher wurde der TRISS trotz aller Diskussionen über seine Schwächen in dieser Studie angewendet^{111,116,170,198,223}. Er ist nach wie vor in der Traumaforschung weit verbreitet, statistisch mehrfach abgesichert und hat bereits seine gute Praktikabilität erwiesen^{92,129,216}. Zudem sind die Alternativen lange nicht so ausführlich untersucht wie der TRISS¹⁷⁰. Somit ist die hier durchgeführte Verwendung des TRISS für den Vergleich der Überlebenswahrscheinlichkeiten durchaus berechtigt. Selbst wenn das Studienkollektiv eine geringe Größe aufweist und man die Mängel des TRISS berücksichtigt, bleibt dennoch die Frage, warum in Enschede so viele Patienten mit relativ guter Prognose ihren Verletzungen letztendlich erlagen. Sinnvolle Schlussfolgerung dieses Ergebnisses sollte eine genaue Analyse der Prozesse sowie regelmäßige Kontrollen der Datensätze sein. Zudem könnte die Aussagekraft zukünftiger vergleichender Studien durch die Einbeziehung mehrerer grenznaher Krankenhäuser und einer damit einhergehenden Kollektivvergrößerung deutlich erhöht werden. Bei jeder Nutzung von Traumascores muss aber natürlich immer

berücksichtigt werden, dass diese lediglich eine Tendenz zeigen und nie eine gesicherte individuelle Prognosestellung der Sterblichkeit erlauben³⁶⁷.

4.7 Intervention

Die präklinische Behandlung von Traumapatienten ist Thema zahlreicher Studien^{74,77,222,244}. Es wird hauptsächlich darüber debattiert, ob ein möglichst schneller Transport oder aber die Einleitung einer frühzeitigen Therapie für die Prognose des Verunfallten das Beste ist^{80,379,382}. Zudem stellt sich die Frage, welche Intervention im prähospitalen Bereich sinnvoll und notwendig ist und welche eher als unnötiger Zeitaufwand angesehen werden kann. Im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit sollte ein besonderes Augenmerk auf den Vergleich der Intubationshäufigkeit gelegt werden. Aufgrund eingeschränkter Datenlage konnte sie allerdings nur am Ende der Schockraumbehandlung verglichen werden. Eine Dokumentation von Intubationen am Unfallort fand lediglich in Münster statt. Für Enschede ist hingegen nicht festzustellen, zu welchem Zeitpunkt im Rettungsablauf die Patienten intubiert wurden.

In Münster sind 66,7% der Polytraumapatienten noch am Unfallort mit einem endotrachealen Tubus versorgt worden. Vergleicht man diese Häufigkeit mit den Ergebnissen einer Studie von Roudsari *et al.*³¹⁶, die polytraumatisierte Patienten (ISS \geq 16) analysierte, scheinen die hier erhobenen Werte durchaus realistisch. Biewener *et al.*⁸⁰ beschäftigten sich ebenfalls mit verstorbenen Polytraumapatienten im Großraum Dresden über einen Untersuchungszeitraum von zwei Jahren. Sie ermittelten eine Intubationshäufigkeit von 63%.

Bei der hier durchgeführten Untersuchung sind 18% der münsteraner Polytraumapatienten trotz einer GCS $<$ 9 nicht intubiert worden. Die von der DGU herausgegebene S3-Leitlinie Polytrauma sowie andere Autoren empfehlen bei dieser Konstellation eine unverzügliche Intubation^{159,189,281}. Ursächlich für die Abweichung von der Handlungsempfehlung können unter anderem die von manchen Studien beschriebene mangelnde Routine bei der Durchführung der Intubation selbst oder die individuelle Entscheidung des Notarztes sein^{340,375}. Wie die Situation diesbezüglich in Enschede ist, kann anhand der vorhandenen Daten nicht geklärt werden.

Am Ende der Schockraumbehandlung ergab sich erwartungsgemäß ein anderes Bild. So sind in Münster 95,8% und in Enschede 85,7% der später verstorbenen Patienten

intubiert (s. Abb. 30). Bis auf jeweils eine Ausnahme werden alle Patienten mit einer GCS < 9 zu diesem Zeitpunkt über einen endotrachealen Tubus beatmet.

In Deutschland und somit auch in Münster hat sich, wie bereits erwähnt, ein notarztgestütztes Rettungssystem etabliert. Hierbei wird darauf gesetzt, dem Patienten am Unfallort möglichst früh hochqualifizierte Hilfe zukommen zu lassen¹⁴¹. Vor allem die Versorgung der Atemwege noch an der Notfallstelle rückt zunehmend in den Mittelpunkt der präklinischen Behandlung³²⁸. Unter anderem Helm *et al.*²⁰⁶ sehen die Intubation als ein sehr sicheres Verfahren an. Studien, die die Intubationshäufigkeit am Unfallort vergleichen, kommen zu dem Schluss, dass in Deutschland sehr häufig und frühzeitig intubiert wird^{160,316}. Diese Vorgehensweise rechtfertigen Ergebnisse zahlreicher Arbeiten, die einen positiven Effekt auf die Überlebenschancen zahlreicher polytraumatisierter Patienten nachweisen^{80,173,326,379,382}.

Die Beeinträchtigung der Atemwege ist bei Traumapatienten mit einer hohen Mortalität verbunden. So versterben je nach Studie 28% - 85% der Schwerverletzten an Atemwegsverlegungen^{213,284}. Der erste Therapieschritt sollte also aus der Sicherung der Atemwege und einer ausreichenden Versorgung mit Sauerstoff bestehen. Laut Schlechtriemen *et al.*³²⁹ ist die „[...] bestmögliche Oxygenierung und Ventilation [...] eine zentrale therapeutische Maßnahme in der Notfallmedizin“. Deshalb besitzt die endotracheale Intubation in europäischen Leitlinien inzwischen die Bedeutung eines Goldstandards^{146,286,294}. Trotz dieses Wissens und der Handlungsempfehlungen ist das Atemwegmanagement nach wie vor häufig inadäquat²⁰¹.

Eine frühzeitige Intubation führte in einer Arbeit von Winchell *et al.*³⁷⁹ bereits am Unfallort zu einem Mortalitätsrückgang von 36% auf 26%. Ebenso senkt sie die Komplikationsrate während des Transports ins Krankenhaus deutlich⁸⁰. Doch nicht nur für die kurzfristige Rettung, sondern auch für die langfristige Prognose des Verunfallten spielt die Intubation eine wichtige Rolle. Yeguiayan *et al.*³⁸² ermittelten eine Senkung der 30-Tagesmortalität und auch Arbabi *et al.*⁶⁴ und Regel *et al.*³⁰⁴ wiesen eine Reduktion der Letalitätsrate bei konsequenter Frühintubation nach. Ferner verbesserte sich die Überlebenschance bei Patienten, die ein stumpfes Trauma erlitten hatten und eine GCS < 9 aufwiesen³⁷⁹.

Ganz besonders scheint diese Therapieform allerdings den Patienten zu helfen, die im Zuge des Unfalls ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten^{271,363,379}. Bei dieser Patientengruppe steigt die Mortalität hauptsächlich durch eine prähospital bestehende Hypoxie³⁵², welche durch die zügig durchgeführte endotracheale Intubation gut behandelt werden

kann. Die Intubation hat dabei einen positiven Effekt auf die Überlebenschancen²²⁵.

Mit einer ausführlicheren Therapie ist allerdings auch eine Verlängerung der Zeit, die der Patient am Unfallort verbringt, verbunden. Die Dauer bis zur endgültigen Versorgung in einem Krankenhaus nimmt somit teilweise deutlich zu. Diesen Umstand belegt eine große Kohortenstudie von Cudnik *et al.*¹²⁴: Patienten, die intubiert wurden, verbrachten zwischen 5,2 Minuten und 10,7 Minuten länger außerhalb des Krankenhauses als nicht intubierte Patienten. Über die Frage, wie schädlich dieser Sachverhalt für den Traumapatienten ist, herrscht in der Wissenschaft nach wie vor ein reger Diskurs^{79,166,194,304}. Es fehlt laut einer Arbeit von Lerner *et al.*²⁴¹ an Studien ausreichender Größe, die den Zusammenhang zwischen einem schnellen Transport des Patienten ins Krankenhaus und einer höheren Überlebenschancen eindeutig nachweisen.

Verfechter der intensivierten Versorgung verweisen auf die Unschädlichkeit der Interventionen und der damit verbundenen geringfügig längeren Unfallortverweildauer^{70,239,363,382}. Gerade bei Luftrettungseinsätzen kommt es wegen der besonderen Verletzungsschwere der Patienten regelmäßig zu einer Ausdehnung der Verweildauer am Unfallort, aber nicht unbedingt zu einer gesteigerten Mortalitätsrate³⁰⁹. Die durch einen Notarzt an der Unfallstelle möglichen therapeutischen Optionen wirken sich für die Überlebenschancen im Gegenteil sogar positiv aus^{88,292,309,311}. Viele Autoren rechtfertigen selbst eine Verlängerung der Prähospitalzeit über die *golden hour* hinaus^{70,239,291,363}. Clarke *et al.*¹¹⁹ und Newgard *et al.*²⁸³ konnten in ihren Untersuchungen keinerlei Zusammenhang zwischen Prähospitalzeit und Überleben ausmachen. Dies gilt laut Newgard *et al.*²⁸³ sowohl für Patienten mit stumpfen als auch mit penetrierenden Verletzungen. Da die Frühintubation das Risiko für ein Multiorganversagen bei Polytraumapatienten deutlich senkt, scheint selbst eine Zeitspanne von maximal 90 Minuten keine negativen Auswirkungen zu haben^{70,239,363}. Die Ergebnisse von Schwermann *et al.*³³⁷ deuten darüber hinaus an, dass die Zeit vom Unfallgeschehen bis zum Eintreffen eines Notarztes für die Prognose des Patienten entscheidender ist als die Zeitspanne vom Eintreffen des Notarztes bis zur Ankunft im Schockraum.

Grundsätzlich ist also die Zunahme der Behandlungsintensität, zumindest in notarztgestützten Systemen, mit einer Verbesserung des Outcomes assoziiert. Die Prähospitalzeit scheint, solange sie unterhalb von 90 Minuten bleibt, eine untergeordnete Rolle zu spielen^{61,79,166,173,246,291,335}.

Kritiker sehen hingegen einen direkten Zusammenhang zwischen einer Verlängerung der Zeit, die der Patient außerhalb des Krankenhauses verbringt, und einer gesteigerten Mortalitätsrate^{82,96,156,157,324}. Sie heben auch die Nachteile einer ausführlichen prähospitalen Versorgung für den Patienten durch die angewandten Maßnahmen hervor^{74,95,102}. Jede Intervention sei im Rahmen der Klinikversorgung deutlich sicherer und erfolgreicher durchzuführen. Vor allem die Intubation verlängere die Zeit am Unfallort und verbessere dadurch die Langzeitprognose nicht^{84,148,175,243,278,321}.

Eine zurückhaltende prähospitalen Behandlung findet ihre Legitimation durch zahlreiche Studienergebnisse^{128,131,148,353}. Diese stammen überwiegend aus englischsprachigen Ländern, in denen die Strategie des Scoop and Run mit einem Paramedic-System verfolgt wird. Sie alle können keinen eindeutigen Nachweis für den Nutzen einer prähospitalen, von Paramedics durchgeführten Intubation feststellen^{84,125,128,131,372,379}. Zudem ist die Frühversorgung außerhalb des Krankenhauses sehr kostenintensiv und muss genau gegen den Nutzen abgewogen werden⁹⁵. Kritische Stimmen kommen aber auch aus dem deutschen Sprachraum. Helm *et al.*²⁰⁵ wiesen in ihrer Studie mit 122 Traumapatienten (mittlerer ISS 25) auf eine unzureichende Oxygenierung der Verunfallten trotz durchgeführter präklinischen Intubation hin. Lediglich in 37,7% konnte die Oxygenierung als optimal angesehen werden. Viele Verfasser sehen zudem keine positiven Auswirkungen auf die Langzeitprognose^{84,148,175,243,278,321}. Intubationen am Unfallort bewirken nach Bochicchio *et al.*⁸⁴ sogar eine Verlängerung der Beatmungszeit im Krankenhaus. Ebenso war die Liegezeit auf der Intensivstation dieser Patienten im Vergleich zu solchen, die erst im Schockraum intubiert wurden, länger. Intubierten Paramedics Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma noch vor Eintreffen in der Klinik, führte dies laut Davis *et al.*^{125,130} zu einer gesteigerten Mortalität, sowie schlechteren funktionellen Ergebnissen. Ähnliche Ergebnisse ermittelten Irvin *et al.*²¹⁴, die das Outcome von komatösen (GCS 3) Traumapatienten untersuchten.

Alle genannten Argumente sind Gründe, warum die Behandlungsstrategie bei polytraumatisierten Patienten in den Niederlanden sich von der in Deutschland deutlich unterscheidet. Zwar sind die dort zumeist eingesetzten Paramedics durch ihre gute Ausbildung befähigt, auch selbstständig Interventionen am Unfallort durchzuführen, allerdings werden solche Maßnahmen deutlich zurückhaltender angewendet als es in Deutschland der Fall ist. Die von Roudsari *et al.*³¹⁶ publizierten Zahlen zeigen beispielsweise, dass in den Niederlanden lediglich 33% der Traumapatienten am Unfallort intubiert wurden. In Deutschland waren es bei der gleichen Studie immerhin

56%. Auch erhielten in den Niederlanden lediglich 30% eine sofortige intravenöse Therapie, während es in Deutschland 75% waren³¹⁶.

Wie viele Patienten bei der hier vorliegenden Studie am Unfallort in Enschede intubiert waren, kann wie bereits angesprochen nicht ermittelt werden. Es ist jedoch aufgrund der Systemphilosophie in den Niederlanden wahrscheinlich, dass in Enschede weniger Patienten als in Münster mit einem endotrachealen Tubus an der Einsatzstelle versorgt wurden. Um diese Aussage zu untermauern oder zu widerlegen, bedarf es dringend besserer Dokumentation sowie nachfolgender Untersuchungen.

Prinzipiell sind Intubationen im prähospitalen Bereich wegen der teilweise unübersichtlichen Verhältnisse schwieriger auszuführen und somit auch gefährlicher für den Patienten¹³⁵. Das Risiko einer Fehlintubation ist teilweise deutlich erhöht^{58,243}. Je nach Studie sind bis zu 15% der Intubationen am Unfallort misslungen³⁷¹. Die am häufigsten auftretenden Komplikationen sind ösophageale Fehllagen des Tubus sowie zu tiefe Intubationen¹²¹. Franschman *et al.*¹⁶⁴ beschrieben überdies eine höhere Rate von nicht leitliniengerecht durchgeführten Atemwegsversorgungen in Paramedic-Systemen.

Einschränkungen ergeben sich aus dem bei vielen der aktuellen Untersuchungen sehr heterogenen Patientenkollektiv, weshalb oft keine positiven Ergebnisse für die Intubation ermittelt werden konnten^{73,84,235,244,294,370}. Zudem wurden die untersuchten Interventionen häufig durch unzureichend geschultes Personal ausgeführt. Damit erklären sich in vielen Fällen das schlechte Outcome und der bemängelte überproportionale Zeitaufwand²¹⁰.

Grundlegend positiver werden die von Ärzten vorgenommenen Intubationen gesehen^{95,366}. Manche Studien ermittelten eine Erfolgsquote prähospital durchgeführter Intubationen von 97,4%²⁹⁰ bzw. 99,1%⁵⁸. Allerdings ist es nur bedingt sinnvoll, Ärzte im Allgemeinen als die besseren Nothelfer anzusehen. So kamen Lossius *et al.*²⁴⁶ zu dem Ergebnis, dass vor allem speziell trainierte Anästhesisten für die Intubation und eine präklinische Therapie besonders gut ausgebildet sind. Ähnlich wurde die Situation von Deakin *et al.*¹³⁵ eingeschätzt, die dem Anästhesisten die größte Kompetenz im Umgang mit der teilweise komplizierten Versorgung des Schwerverletzten am Unfallort bescheinigten. Diese Ergebnisse verwundern kaum, da in keiner anderen Disziplin im Berufsalltag so häufig der Vorgang des Intubierens praktiziert und somit geübt wird.

Im Endeffekt ist es aber wohl unerheblich, ob ein Arzt oder ein Paramedic die Intubation am Unfallort durchführt, solange derjenige für diese Situation speziell geschult ist^{95,158,366}. Je besser trainiert und je erfahrener das Personal im Umgang mit

der präklinischen Intubation ist, desto höher ist die Erfolgsrate und desto mehr profitiert auch der Traumapatient von dieser invasiven Maßnahme^{95,171,350,366}. Sollte gut ausgebildetes Personal hingegen nicht am Unfallort zur Verfügung stehen, ist es für das Behandlungsergebnis des Patienten besser, einen Intubationsversuch zu unterlassen und statt dessen eine nichtinvasive Beatmung zu beginnen¹⁵⁸.

Wie diese Diskussion zeigt, werden die Behandlungsstrategie und im Besonderen die Intubation im präklinischen Rahmen je nach Standpunkt unterschiedlich kritisch gesehen^{95,280}. Aufgrund uneinheitlicher und teilweise auch unzureichender Dokumentation in Münster und in Enschede ist es mit der vorhandenen Datenlage bei der hier durchgeführten Arbeit nicht möglich einen Vergleich der Intubationen am Unfallort sinnvoll durchzuführen. Die unmittelbare Auswirkung von Intubationen auf den Patienten kann zudem nur erahnt werden, da weder in Münster noch in Enschede der exakte Intubationszeitpunkt dokumentiert war. Generell ist es schwierig den Nutzen von Einzelmaßnahmen bei einem so komplexen Krankheitsbild wie dem Polytrauma nachzuweisen, da die Einflussfaktoren auf den Zustand des Patienten vielfältig sind²¹⁰. Um die Leistungsfähigkeit eines Rettungssystems also objektiv abschätzen zu können und die positiven Faktoren für das Outcome von polytraumatisierten Patienten zu ermitteln, ist es dringend notwendig alle durchgeführten Interventionen (Flüssigkeitsmanagement, Intubation, Medikamentengabe, etc.), die potentiell Einfluss auf das Überleben haben, zu erfassen. Außerdem müssen sie detailliert dokumentiert und einander gegenüber gestellt werden. Erst dadurch kann letztendlich festgestellt werden, welche Maßnahmen notwendig und sinnvoll sind und welche eher unnötig Zeit in Anspruch nehmen und dem Patientenwohl mehr schaden als nutzen.

4.8 Todeszeitpunkt

Ein weiterer wichtiger Baustein, um den Nutzen von präklinischen Maßnahmen abzuschätzen, ist die Kenntnis des Todeszeitpunktes. Mit diesem Wissen kann festgestellt werden, ob früh eingeleitete invasive Maßnahmen das langfristige Überleben des Patienten sichern oder ob der Zeitpunkt des Versterbens lediglich um einige Stunden verzögert wird. Daher wurde bei der hier durchgeführten Arbeit zwischen einem Todeszeitpunkt innerhalb von 24 Stunden und nach 24 Stunden unterschieden. Die Auswertung ergibt ein äußerst homogenes Bild. Sowohl in

Enschede als auch in Münster verstarben die Patienten zu jeweils zwei Dritteln (66,7%) in den ersten 24 Stunden und zu einem Drittel (33,3%) später als 24 Stunden an den Folgen des Unfalls (s. Abb. 31). Diese Zahlen wirken beim Vergleich mit Ergebnissen aus der Literatur sehr plausibel^{138,139}. Demetriades *et al.*¹³⁸ analysierten die Todeszeitpunkte von 4.151 verstorbenen Traumapatienten über einen Zeitraum von drei Jahren. Sie wiesen zwei Sterblichkeitsgipfel nach, wobei der erste bereits kurze Zeit nach dem Unfall entstand. 50,2% der Opfer erlagen während der ersten Stunde ihren schweren Verletzungen. 18,3% verstarben zwischen der ersten und der sechsten Stunde und bildeten den zweiten Gipfel. Lediglich 7,6% der Patienten starben später als eine Woche nach dem Unfallereignis. Hingegen konnten De Knecht *et al.*¹³³ in ihrer kontinuierlichen Analyse des Todeszeitpunktes bei Patienten mit stumpfen Traumata nur einen einzigen Sterblichkeitsgipfel innerhalb der ersten Stunde nach dem Schadensereignis erkennen. Damit widersprechen beide der lange Zeit gültigen Erkenntnis von Trunkey *et al.*³⁶², die eine dreigipflige Sterblichkeitskurve schon im Jahre 1983 beschrieben: Etwa 50% der Patienten versterben sofort, 30% innerhalb der ersten Stunden und knapp 20% nach Tagen bis Wochen an den Folgen des Traumas. Da jahrelang keine andere Studie diese These widerlegen konnte, galt sie in der Wissenschaft als goldene Regel. Sauaia *et al.*³²⁷ und Demetriades *et al.*¹³⁸ kommen allerdings zu dem Schluss, dass moderne Traumasysteme mit den deutlich verbesserten Behandlungsmöglichkeiten den letzten Sterblichkeitsgipfel signifikant verkleinern.

Eine ähnlich genaue Todeszeitpunktanalyse, wie Demetriades *et al.*¹³⁸ und de Knecht *et al.*¹³³ sie durchführten, wäre auch für die hiesige Studie wünschenswert, war jedoch anhand der vorhandenen Datenlage nicht realisierbar. Daher kann keine punktgenaue Aussage zum Todeszeitpunkt gemacht werden. Dies sollte durch eine genauere Dokumentation für zukünftige Studien nach Möglichkeit verbessert werden²⁷⁴. Zudem ist es für das ärztliche Handeln nicht nur interessant und relevant, wie viele Patienten bereits am Unfallort bzw. innerhalb der ersten 24 Stunden versterben, sondern auch wie hoch die 30-Tages Mortalitätsrate ist. Einige Arbeiten empfehlen darüber hinaus die Lebensqualität nach einem Unfall als endgültigen Outcome-Parameter zu nutzen^{91,346}. Dies ist allerdings mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden, da die Patienten auch längere Zeit nach dem Schadensereignis kontaktiert und nachuntersucht werden müssten.

4.9 Perspektive

Die hier vorliegende Arbeit stellt eindrucksvoll dar, wie vielschichtig ein Vergleich von Rettungssystemen unterschiedlicher Länder ist.

Ziel der Untersuchung war in erster Linie die Frage nach den Unterschieden der Rettungssysteme in Münster und Enschede nachzugehen. Ferner sollten die Interventionen und deren Auswirkungen auf den Patienten verglichen und diskutiert werden. Vor allem verschiedene Dokumentationsformen sowie unvollständige Datensätze lassen eine abschließende Bewertung der Systeme und des Nutzens der präklinisch durchgeführten Intervention jedoch nicht zu.

Ein entscheidendes Hindernis ist beispielsweise, dass im Datensatz aus Enschede viele Diagnosen in Textform vermerkt sind, was eine einheitliche Kategorisierung und den anschließenden Vergleich nahezu unmöglich macht. Die Folge davon ist zwangsläufig eine Vereinfachung bis hin zum Ausschluss ganzer Diagnosen. Dieser Sachverhalt wurde auch von Jurkovich *et al.*²¹⁸ in einer großangelegten Review-Studie dargelegt. DeKeyser *et al.*¹³⁶ konnten bei einem Vergleich zweier Traumasysteme ebenfalls viele Parameter nur eingeschränkt nutzen, weil die Dokumentationsformen grundlegend unterschiedlich waren.

Ebenso wurden einige für das Outcome des Patienten relevante Zeitangaben oder Interventionen sowohl in Enschede als auch in Münster nicht oder nur unzureichend dokumentiert. Dadurch ist es nicht möglich, die dem Patienten applizierten Medikamente oder andere prähospital durchgeführten Maßnahmen einander gegenüber zu stellen. Der genaue Zeitpunkt der Intubation konnte ebenfalls nicht ermittelt und verglichen werden.

Darüber hinaus erweisen sich die Datensätze in beiden Ländern als teilweise sehr lückenhaft. Dies führte zum Ausschluss zahlreicher Patienten und trug maßgeblich zur Verkleinerung des Untersuchungskollektivs bei. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch eine solche Maßnahme bestimmte Patientengruppen letztendlich über- oder unterrepräsentiert sind.

Eine weitere bedeutende Einschränkung ist die unterschiedliche Erhebungsweise des ISS in Enschede und Münster. Unter Umständen wird dadurch die Aussagekraft des Vergleichs negativ beeinflusst, weil das Patientenkollektiv anhand dieses einen Parameters ausgesucht wurde.

Die angesprochenen Probleme sind bei Vergleichen von Rettungssystemen keine Seltenheit und adäquate Lösungen auch in der Literatur sehr umstritten, weil sie häufig

nicht praktikabel sind^{136,144,218,233}. Um eine große vergleichende und repräsentative Studie in der präklinischen Traumaversorgung zu erstellen, in der auch die Wirkungen von Interventionen untersucht würden, müssten prospektive Studiendesigns mit einer ausführlichen und standardisierten Datenerhebung zur Anwendung kommen^{136,180,310}. Bereits im Jahre 1987 wies Gold¹⁸⁵ aber darauf hin, dass dies wegen der hohen Erwartungshaltung der Bevölkerung an die Versorgungssysteme nicht durchführbar sei. Zudem gibt es bezüglich des Unterlassens einzelner Interventionen erhebliche ethische Bedenken^{143,185}. Darüber hinaus fehlen in vielen Ländern gesetzliche Vorgaben für die Durchführung von Traumastudien³¹⁰. Teilweise stehen der vollständigen und ausführlichen Dokumentation auch die hohen Kosten und der große Zeitaufwand im Wege, die eine qualitativ hochwertige Traumaregistrierung mit sich bringt. Allerdings würde das hinzugewonnene Wissen die direkten und indirekten Kosten der Traumaversorgung langfristig sehr wahrscheinlich sinken lassen und so den Patienten und der Gesellschaft von Nutzen sein²⁷⁴.

Damit nachfolgende grenzüberschreitende Studien eine höhere Aussagekraft erhalten, müssen vor allem Verbesserungen im Bereich der Datenerhebung erfolgen. Bereits bei der Erfassung im präklinischen Bereich ist die Einführung eines standardisierten, länderübergreifenden Protokolls anzustreben^{316,330}. Als Vorbild könnte hier das inzwischen bundesweit angewandte Notarzteinsatzprotokoll der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) dienen¹⁷. Ziel muss sein, die Datensätze ohne großen Bearbeitungs- und Nacherhebungsaufwand einander gegenüber zu stellen, um so Unterschiede im präklinischen Versorgungsablauf unmittelbar feststellen zu können. Dabei ist unter anderem eine in beiden Ländern einheitlich durchgeführte Scoreerhebung unbedingt notwendig, weil so Fehler schon bei der Zusammenstellung des Patientenkollektivs vermieden werden²⁷⁴. Erfreulicherweise konnte im Jahr 2009 das Verfahren der AIS-Erhebung in Münster der in Enschede angeglichen werden. Dadurch werden in Zukunft erheblich mehr Patienten die Studienkriterien erfüllen, was zu einer Vergrößerung der Gesamtkollektivs führt und damit die Repräsentativität verbessert.

Weitere wichtige Schritte beim Aufbau einer einheitlichen Datenbank sind zudem eine regelmäßig durchgeführte Qualitätskontrolle auf Vollständigkeit sowie eine länderübergreifende Abstimmung der zu dokumentierenden Parameter^{144,316}. Im Rahmen dessen sollten die Zeitpunkte der Einsatzabläufe, der Vitalparametermessungen und allen Interventionen ebenso wie der exakte

Todeszeitpunkt und -ort vermerkt werden. Ohne dieses Wissen ist es fast unmöglich, die Wirksamkeit eines Systems und die Bedeutung therapeutischer Maßnahmen am Unfallort abzuschätzen^{218,263}.

Zudem ist für die erfolgreiche Durchführung kommender Arbeiten wichtig, ein einheitliches Outcomekriterium zu definieren. Hier würden sich neben dem genauen Todeszeitpunkt vor, während oder nach dem Krankenhausaufenthalt die Dauer der Rehabilitation, verbliebene Einschränkungen im Alltag oder die Wiedererlangung der vollen Funktionalität anbieten²⁶³. Auch andere Faktoren, wie zum Beispiel Komorbiditäten des Patienten, die unmittelbar Einfluss auf das Behandlungsergebnis haben, sollten berücksichtigt werden^{144,218}.

Vor allem die präklinisch gesammelten Informationen können in der heutigen Zeit mit Hilfe von modernen elektronischen Hilfsmitteln wie speziellen Smart-Phones oder Tablett-PCs automatisch erfasst werden^{274,367}. Der Einsatz von Telematik ermöglicht dabei eine Übermittlung direkt an das aufnehmende Krankenhaus und die Datenbank^{144,220,274}. Eventuelle Lücken in der Dokumentation könnten sofort erkannt und durch Rückfragen oder automatische Erinnerungsfunktionen des Systems gefüllt werden²⁷⁴. Auf diese Weise finden neben der Qualitätsverbesserung auch eine Entlastung des Rettungspersonals und bessere Vorbereitungsmöglichkeit für das Krankenhauspersonal auf den zu versorgenden Patienten statt. Die Technik kann also letztendlich zu Kosteneinsparungen führen^{202,351}.

Auf dem Weg hin zu einer besseren Vergleichbarkeit der einzelnen Rettungssysteme ist die Kenntnis der jeweiligen Stärken und Schwächen von großer Bedeutung. Diese zu ermitteln obliegt zukünftigen großen Studien zur präklinischen Versorgung. Dadurch können potentielle Schnittstellen der Systeme erkannt und das Ziel einer qualitativ hochwertigen und unbürokratischen Zusammenarbeit in einem geeinten Europa erreicht werden. Von solchen Maßnahmen profitieren wegen einer Verbesserung des Patientenmanagements und der Prävention mittel- bis langfristig alle Beteiligten^{113,115,218,263}. Daher sollte nicht bei der Erstellung einzelner nationaler Datenbanken Halt gemacht werden. Vielmehr ist die Entwicklung einer länderübergreifenden, europaweit einheitlichen Datensammlung anzustreben, was ohne größeren infrastrukturellen Aufwand möglich wäre^{149,295}. Dies könnte als Grundlage für einen regen Gedanken- und Erfahrungsaustausch dienen und letztendlich zu verstärkter Kommunikation und Kooperation zwischen den Akteuren der europäischen Rettungsdienste führen²⁹⁹. In einem geeinten Europa, in dem

gleichwertige Lebensverhältnisse angestrebt werden, darf es keinen Unterschied machen, auf welcher Seite der Grenze oder in welchem Land eine Person verunglückt. Langfristiges Ziel muss deshalb ein europaweit einheitliches Rettungssystem mit einer einheitlich hohen Qualität sein^{14,104}.

5 Zusammenfassung

Die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen Deutschland und den Niederlanden im Bereich der Notfallrettung ist trotz eines geeinten Europas nach wie vor nur spärlich entwickelt. Ursächlich dafür ist das Nebeneinander eines notärztlichen (Deutschland) und eines nicht-notärztlichen (Niederlande) Rettungssystems und der damit einhergehenden unterschiedlichen Organisation der präklinischen Abläufe und Herangehensweisen. Zudem erschweren geringe Kenntnisse des jeweils anderen Systems sowie die teilweise komplizierte rechtliche Lage die Kooperation.

Die vorliegende retrospektive Studie stellt die qualitativen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Systeme dar, um Aussagen über deren Leistungsfähigkeit zu treffen. Übergeordnetes Ziel ist dabei, Erkenntnisse für die Verbesserung der Primärversorgung von schwerverletzten Patienten zu gewinnen.

Dazu wurden in einem Gemeinschaftsprojekt zwischen der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Münster und dem Traumazentrum des Medisch Spectrum Twente in Enschede insgesamt 111 später verstorbene Polytraumapatienten unter Einbeziehung demographischer und einsatztaktischer Zahlen verglichen. Aufgrund unterschiedlicher Dokumentation in den beiden Ländern wurde als von der Datenerhebung unabhängiges Haupteinschlusskriterium das spätere Versterben der Patienten gewählt. Besonders ausführlich wurden dabei die erhobenen Scores, sowie die durchgeführten präklinischen Interventionen und deren Vor- und Nachteile für den Patienten analysiert. Die ausgewerteten Daten entstammen dem Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) sowie einem speziell angefertigten Datensatz aus Enschede aus dem Zeitraum zwischen dem 01. Juni 2007 und dem 31. Dezember 2009.

Zunächst wurde die Zusammensetzung des Kollektivs verglichen. Patienten mit einem Injury Severity Score (ISS) ≥ 16 wurden in die Studie eingeschlossen, da sie eindeutig als Polytraumapatienten identifiziert werden konnten. 48 verstorbene Patienten aus Münster und 63 verstorbene Patienten aus Enschede erfüllten dieses Kriterium und standen somit für die folgenden statistischen Analysen zur Verfügung.

Die Geschlechterverteilung des untersuchten Kollektivs zeigt, dass mit 64,6% in Münster sowie 66,7% in Enschede etwa zwei Drittel der verstorbenen Patienten männlichen Geschlechts sind. Diese Verteilung gilt auf dem Gebiet der Polytraumaforschung als klassisch. Das Durchschnittsalter des Kollektivs aus Münster beträgt 55 Jahre, das aus Enschede 54,8 Jahre.

Unfälle im Straßenverkehr gehören erfahrungsgemäß in beiden Ländern zu den führenden Ursachen für Polytraumata mit tödlichem Ausgang. In Enschede (58,7%) ist dies noch häufiger als in Münster (45,8%) der Fall. Auch die Häufigkeit des stumpfen Traumas entspricht mit 97,9% in Münster und 96,8% in Enschede den durch die Literatur vorgegebenen Erwartungen. Die Auswertung der Unfallzeitpunkte hinsichtlich der tageszeitlichen Unterschiede weist ebenfalls eine relativ gleichmäßige Verteilung der Schadensereignisse im Tagesverlauf auf. Lediglich zwischen 0 und 6 Uhr ereigneten sich in beiden Städten deutlich weniger Schadensfälle, was sich wiederum mit Ergebnissen anderer Studien deckt.

Die mittlere Einsatzdauer wurde für beide Länder mit unter einer Stunde berechnet (Münster: 55 Minuten, Enschede: 57 Minuten). Die Patienten gelangten also innerhalb der für das Behandlungsergebnis wichtigen *golden hour* zur Weiterversorgung in ein Krankenhaus. Diese Ergebnisse sind für notarztgestützte Systeme typisch. Paramedic-Systeme zeichnen sich hingegen meist durch kürzere Einsatzdauern aus. Ergebnis dieser Studie ist eine etwa gleich lange Verweildauer des Rettungspersonals am Unfallort. In Münster wurden 21 Minuten und in Enschede 23 Minuten erfasst. Bemerkenswert ist, dass in Enschede nicht in erster Linie die Einsätze von Mobil Medisch Teams (MMT) zu einer Verlängerung der Verweildauer beitragen. Anscheinend verlangt die Erstversorgung polytraumatisierter Patienten ein Mindestmaß an Zeit an der Unfallstelle. Zudem nehmen in den letzten Jahren diagnostische und therapeutische Maßnahmen durch die Paramedics zu.

Für den Transport der Patienten von der Unfallstelle in den Schockraum werden in Münster 14 Minuten und somit knapp 3 Minuten mehr als in Enschede (ca. 11 Minuten) benötigt. Diese Zeiten sind verglichen mit Transportzeiten anderer Rettungsdienste als im Bereich der Norm anzusehen.

In Deutschland werden für die Rettung polytraumatisierter Patienten überwiegend Notarzteinsatzfahrzeuge (NEF) (48,7%) und Rettungshubschrauber (RTH) (48,7%), in den Niederlanden hingegen zu fast 70% *ambulances* ohne Notarzt eingesetzt. Der

RTH findet in Enschede in 23,8% der Fälle Anwendung. Die genannten Werte spiegeln die Verschiedenartigkeit der Rettungssysteme wider. Dies gilt insbesondere für die Häufigkeit eines Arzteinsatzes am Unfallort. Ob das Einbeziehen eines Notarztes in die präklinische Behandlung für den Patienten einen positiven Einfluss auf das Überleben des Patienten hat, ist seit Jahren Streitpunkt im Bereich der Notfallmedizin. Auch in dieser Studie kann ein Vorteil des Notarzteinsatzes nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Um die Schwere der Verletzungen verunfallter Patienten objektiv einschätzen, klassifizieren und vergleichen zu können, wurden Traumascores entwickelt und eingeführt. International als Goldstandard zur Beurteilung der Verletzungsschwere wird der Injury Severity Score angesehen. Der Median des ISS liegt in Münster (ISS = 36) deutlich höher als in Enschede (ISS = 25). Dieser Unterschied verwundert, da in beiden Ländern die demographischen Daten, der Verletzungsmechanismus sowie die Infrastruktur und die Versorgungsqualität sehr ähnlich und somit gut vergleichbar sind. Mögliche Ursache ist die uneinheitliche Erhebungsweise der Scores. Ein offensichtlicher Einschätzungs- bzw. Dokumentationsfehler auf einer der beiden Seiten kann jedoch weder nachgewiesen noch komplett ausgeschlossen werden. Des Weiteren ist eine unterschiedliche ethische Haltung der beiden Länder im Hinblick auf Beginn und Beendigung maximaltherapeutischer Maßnahmen festzustellen. In den Niederlanden wird bei Patienten, deren Überlebenschancen minimal sind, frühzeitig auf eine intensive Therapie verzichtet. Dadurch sind Patienten mit einem höheren ISS im Patientenkollektiv der Niederlande eher unterrepräsentiert.

Die Ergebnisse der Glasgow Coma Scale (GCS), die zur Einschätzung des neurologischen Status angewendet wird, erweisen sich als deutlich homogener. Am Unfallort wird für Münster ein Median von 3 Punkten und für Enschede von 4 Punkten ermittelt. Im Schockraum ergibt sich in beiden Städten, trotz breiter Streuung in Enschede, ein Median von 3 Punkten. Ursächlich für die zahlreichen höheren GCS-Werte in Enschede könnten eine im Vergleich zu Münster zurückhaltendere Anwendung von Analgosedierung und Intubation am Unfallort sein. Diese Intervention führen dazu, dass die tatsächliche Bewusstseinslage nicht mehr eingeschätzt werden kann und der GCS-Wert automatisch 3 Punkte beträgt.

Auch der Vergleich des Revised Trauma Score (RTS) am Unfallort zeigt keine signifikanten Differenzen zwischen Münster (RTS = 4,0936) und Enschede (RTS = 4,4488). Allerdings ist in Enschede aufgrund mangelhafter Datenlage nur eine Berechnung in 49% der Fälle möglich. Im Schockraum stellt sich die Dokumentation deutlich vollständiger dar und für Patienten beider Städte wurde ein medianer RTS von 4,0936 ermittelt. Da die GCS eine entscheidende Variabel bei Berechnung des RTS darstellt, sind die Ergebnisse des RTS denen der GCS tendenziell ähnlich.

Der RTS wird aufgrund der engen Korrelation mit der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten häufig als Qualitätskriterium der Versorgung angesehen. In dieser Studie ist bedingt durch die große Standardabweichung und die geringe Kollektivgröße, eine abschließende Evaluation der präklinischen Versorgungsqualität in den beiden Städten nicht möglich.

Im Vergleich zum RTS kann aus den Ergebnissen des Trauma and Injury Severity Score (TRISS) die Überlebenswahrscheinlichkeit unmittelbar abgelesen werden. Die mediane berechnete Überlebenswahrscheinlichkeit der Patienten aus Münster ist mit 13,1% sehr gering. In Enschede wurde hingegen eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 49,1% ermittelt. Bedenkt man, dass alle Patienten dieser Studie verstarben, ist dieses Ergebnis mehr als überraschend. Die bessere Prognose in Enschede kann jedoch durch die deutlich niedrigeren ISS-Werte, die direkt in die Berechnung des TRISS einfließen, erklärt werden. Zudem muss bei jeder Nutzung von Traumascores berücksichtigt werden, dass diese lediglich eine Tendenz zeigen und nie eine gesicherte individuelle Prognosestellung der Sterblichkeit erlauben.

Neben den erhobenen Scores wurde auch die Anwendung von Interventionen einander gegenübergestellt. Dazu wurde in dieser Arbeit die Intubationshäufigkeit in beiden Ländern beispielhaft betrachtet. Da der genaue Zeitpunkt der endotrachealen Intubationen in Enschede nicht dokumentiert ist, konnte kein Vergleich der präklinischen Intubationen angestellt werden. Es ist jedoch aufgrund des selteneren Arzteinsatzes in den Niederlanden wahrscheinlich, dass in Enschede weniger Patienten als in Münster (66,7%) mit einem endotrachealen Tubus an der Einsatzstelle versorgt wurden. Um diese Aussage zu untermauern oder zu widerlegen, bedarf es dringend besserer Dokumentation sowie nachfolgender Untersuchungen. Am Ende der Schockraumbehandlung ist die Intubationshäufigkeit beider Kollektive mit 96% in Münster und 86% in Enschede erwartungsgemäß hoch.

Über die frühzeitige Intubation wird in der Fachwelt kontrovers diskutiert. Einen Konsens gibt es lediglich dahingehend, dass eine Intubation nur durch erfahrenes Personal durchgeführt werden sollte. Des Weiteren ist es generell schwierig, den Nutzen von Einzelmaßnahmen bei einem so komplexen Krankheitsbild wie dem Polytrauma nachzuweisen, da die Einflussfaktoren auf den Zustand des Patienten vielfältig sind.

Obwohl beide Rettungssysteme verschiedenartige Herangehensweisen bei der Patientenversorgung anwenden, verstarben in beiden Ländern jeweils zwei Drittel (66,7%) der verstorbenen Patienten während der ersten 24 Stunden nach dem Unfall. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch mehrere andere Untersuchungen, die den Todeszeitpunkt von tödlich verunglückten Traumapatienten betrachteten.

Die hier vorliegende Arbeit zeigt, wie komplex ein Vergleich von Rettungssystemen zweier Länder sein kann. Eine entscheidende Hürde stellen die unterschiedlich und/oder mangelhaft durchgeführte Dokumentation sowie die Verschiedenheiten bei der Scoreerhebung dar. Die Aussagekraft der Gegenüberstellung ist aufgrund dieser Mängel und der geringen Stichprobengröße limitiert. Eine abschließende Beurteilung der tatsächlichen Effektivität der Systeme kann daher nicht vorgenommen werden. Auch Rückschlüsse auf den positiven oder negativen Einfluss von präklinischen Interventionen sind nicht möglich.

Auch wenn viele Analysen der Studie nur eingeschränkte Gültigkeit aufweisen und viele Fragen unbeantwortet bleiben, sind die Erkenntnisse insbesondere im Bereich der unterschiedlichen Datenerhebung und Dokumentation hilfreich, um notwendige Verbesserungen auf den Weg zu bringen. Eine länderübergreifende Standardisierung der Protokolle ist dabei unerlässlich. Das inzwischen bundesweit angewandte Notarzteinsatzprotokoll der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) könnte hier als Vorbild herangezogen werden.

Diese Untersuchung ist daher ein wichtiger Wegbereiter für folgende Studien und für eine bessere Zusammenarbeit innerhalb eines geeinten Europas.

6 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ABC	<i>airway, breathing, circulation</i>
ACS	American College of Surgeons
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AF	Atemfrequenz
AIS	Abbreviated Injury Scale
Akad. Rat.	Akademischer Rat
AMBU-Team	Ambulance-Team
ANWB	Algemene Nederlandse Wielrijdersbond
APLS	Advanced Pediatric Life Support
ATLS	Advanced Trauma Life Support
AZN	Ambulancezorg Nederland
BE	Basenabweichung (engl.: <i>base excess</i>)
BIG	Beroepen Individuele Gezondheidszorg
BLS	Basic Life Support
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
D	Deutschland
dB	Dezibel
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DIN	Deutsches Institut für Normung
Dipl. stat.	Diplom-Statistiker
DIVI	Deutsche interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin
Dr. h. c.	Ehrendoktor
Dr. med.	Doktor der Medizin
Dr. rer. nat.	Doktor der Naturwissenschaften
DRF	Deutsche Rettungsflugwacht
dt. Ü.	deutsche Übersetzung
e	eulersche Zahl ($e = 2,7182818284\dots$)
engl.	englisch

ECTES	European Congress of Trauma and Emergency Surgery
<i>et al.</i>	<i>et alii, et aliae, et alia</i> , dt. Ü.: und andere
GCS	Glasgow Coma Scale
h	Stunde
ISS	Injury Severity Score
ITH	Intensivtransporthubschrauber
km ²	Quadratkilometer
KTW	Krankentransportwagen
M. sc.	Master of Science
min	Minute
MMT	Mobiel Medisch Team
MST	Medisch Spectrum Twente
MTOS	Major Trauma Outcome Study
n	Anzahl
NAW	Notarztwagen
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NotSanG	Notfallsanitätäergesetzes
NL	Niederlande
NRW	Nordrhein-Westfalen
PTT	partielle Thromboplastinzeit
PHTLS	Prehospital Trauma Life Support
Priv.-Doz.	Privatdozent
Prof.	Professor
P _s	Überlebenswahrscheinlichkeit
PW	Punktwert
RAV	Regionale Ambulance Voorziening
RettAssG	Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten
RISC	Revised Injury Severity Classification
RTH	Rettungshubschrauber
RTS	Revised Trauma Score
RTW	Rettungswagen
s.	siehe
SBD	systolischer Blutdruck
SGB	Sozialgesetzbuch

Tab.	Tabelle
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
Twaz	Tijdelijke wet ambulancezorg
UKM	Universitätsklinikum Münster
Univ.-Prof.	Universitätsprofessor
USA	United States of America
WAV	Wet Ambulancevervoer
Wet BIG	Wet op de beroepen in de individuele Gezondheidszorg

7 Fremdwörterverzeichnis

<i>airway</i>	Atemwege
<i>ambulance</i>	Fahrzeuge, die vorwiegend bei Notfall- und Rettungseinsätzen Anwendung finden
<i>ambulancechauffeur</i>	Rettungsfahrer
Ambulance-Team (AMBU-Team)	Rettungsteam
<i>ambulanceverpleegkundige</i>	Rettungsfachkundige/r
<i>base excess</i> (BE)	Basenabweichung
<i>breathing</i>	Atmung
<i>circulation</i>	Kreislauf
<i>doctor medicinae</i>	Doktor der Medizin
<i>dual use</i>	Beschreibt die gleichzeitige Nutzung des RTH als ITH
<i>golden hour</i>	“goldene Stunde“: Zeitphase, in der durch den Einsatz medizinischer Versorgung und den schnellen Transport in ein geeignetes Krankenhaus die Prognose des Traumapatienten signifikant verbessert werden kann
<i>meldkamer</i>	Rettungsleitstelle
Mobiel Medisch Team (MMT)	mobiles Team bestehend aus Notarzt, <i>ambulanceverpleegkundige</i> und <i>ambulancechauffeur</i> / Pilot
Regionale Ambulancevoorziening (RAV)	regionale Rettungsversorgung
<i>ritrapport</i>	Fahrbericht
<i>stiff neck</i>	Zervikalstütze
Tijdelijke wet ambulancezorg (Twaz)	befristetes Rettungsdienstgesetz
Wet ambulancevervoer (WAV)	Rettungsdienstgesetz
Wet op de beroepen in de individuele Gezondheidszorg (Wet BIG)	Gesetz der Berufe in der individuellen Gesundheitsversorgung
τραύμα	Wunde

8 Literaturverzeichnis

1. 12. Fachtagung Luftrettung - Kongressbericht 2001: Luftrettung im Brennpunkt neuer Herausforderungen; 23.-25./05., 2001; Berchtesgaden.
2. A2-inzetten 2012. 2013; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Nationale Atlas Volksgezondheid; <http://www.zorgatlas.nl/zorg/ambulancezorg/a2-inzetten/#breadcrumb>. Accessed 12/12/2013.
3. Advies Afbakening zorg beschikbaarheidsbijdrage: Nederlandse, Zorgautoriteit; 2012. http://www.nza.nl/104107/139830/465987/Advies_Afbakening_zorg_beschikbaarheidsbijdrage.pdf. 12/12/2013.
4. B-inzetten 2012. 2013; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Nationale Atlas Volksgezondheid; <http://www.zorgatlas.nl/zorg/ambulancezorg/b-inzetten/#breadcrumb>. Accessed 12/12/2013.
5. Bereikbaarheid 24/7 MMT-zorg (vier helikopters) 2011. 2012; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Nationale Atlas Volksgezondheid; <http://www.zorgatlas.nl/zorg/ziekenhuiszorg/traumazorg/bereikbaarheid-24-7-mmt-zorg-vier-helikopters-2011/>. Accessed 12/12/2013.
6. Bessere Versorgung von Unfallopfern: Auszeichnung für das Traumanetzwerk NordWest. 2011; Universitätsklinikum Münster (UKM) - Pressemitteilungen Archiv 2011; [http://klinikum.uni-muenster.de/index.php?id=4443&tx_ttnews\[tt_news\]=1770&cHash=56b3b6f155578a8e2a4a0ce476d5246b](http://klinikum.uni-muenster.de/index.php?id=4443&tx_ttnews[tt_news]=1770&cHash=56b3b6f155578a8e2a4a0ce476d5246b). Accessed 12/12/2013.
7. Beteiligte und Verunglückte. 2013; Statistisches Bundesamt; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen/GetoeteteStrassenverkehr.html>. Accessed 12/12/2013.
8. Bevölkerung im Regierungsbezirk Münster. Information und Technik Nordrhein-Westfalen; http://www.it.nrw.de/statistik/a/daten/amtlichebevoelkerungszahlen/rb5_juni2011.html. Accessed 12/12/2013.
9. Bevolking in Enschede 2013. 2013; Enschede Stad Van Nu; <http://www.enschede.nl/ontwikkeling/cijfers/bevolkingcijfers/#.UozRq-KE7e8/>. Accessed 12/12/2013.
10. Cause-specific mortality, 2008: WHO region by country. 2008; World Health Organization; <http://apps.who.int/gho/data/view.main.10012>. Accessed 12/12/2013.
11. De ambulance. ikEHBO.nl; <http://www.ikehbo.nl/hulpdiensten/ambulance/ambulance.php>. Accessed 12/12/2013.
12. De traumahelikopter. ikEHBO.nl; <http://www.ikehbo.nl/hulpdiensten/traumahelikopter/traumahelikopter.php>. Accessed 12/12/2013.
13. Der Duden in 12 Bänden: 9 - Richtiges Und Gutes Deutsch (German Edition): Bibliographisches Institut & FA Brockhaus AG.
14. Die Rettungsdienste im europäischen Vergleich - Freier Wettbewerb oder hoheitliche Aufgabe. Interschutz 2000; 20./07., 2000; Augsburg.

15. Die Versorgung von Traumapatienten endet nicht mehr an der Grenze. Acute Zorg Euregio; http://www.acutezorgeuregio.nl/de/nieuws/Over_de_grens/. Accessed 12/12/2013.
16. *DIN Taschenbuch 257 – Normen Rettungsdienst*. 3 ed. Berlin: Beuth Verlag; 2004.
17. DIVI-Notarzteinsatzprotokoll - Version 5.0. 2013; Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin; <http://www.divi.de/empfehlungen/notarztprotokoll-mind/176-divi-notarzteinsatzprotokoll-version-5-0.html>. Accessed 16/08/2014.
18. The Economic Burden of Unintentional Injury in Canada. 2012; Public Health Agency of Canada; <http://www.phac-aspc.gc.ca/injury-bles/ebuic-febnc/>. Accessed 12/12/2013.
19. Erwerbstätigenquote nach Geschlecht, Altersgruppe 20-64. Eurostat; http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=t2020_10&language=de. Accessed 12/12/2013.
20. Geschiedenis ambulance. 2012; iKEHBO.nl; <http://www.ikehbo.nl/hulpdiensten/ambulance/geschiedenis-ambulance.php>. Accessed 12/12/2013.
21. Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz; <http://www.gesetze-im-internet.de/notsang/>. Accessed 28/06/2014.
22. Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten (Rettungsassistentengesetz - RettAssG). Bundesministerium der Justiz; <http://www.gesetze-im-internet.de/rettassg/>. Accessed 12/12/2013.
23. Gesetz über den Rettungsdienst (Rettungsdienstgesetz - RDG) in der Fassung vom 8. Februar 2010. 2010; Baden-Württemberg; <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/;jsessionid=06AEA64D50589E98152315084E5F6599.jpb4?quelle=jlink&query=RettDG+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&aiz=true#jlr-RettDGBW2010rahmen>. Accessed 12/12/2013.
24. Het ambulance team. 2012; iKEHBO.nl; <http://www.ikehbo.nl/formulieren/over-ons.php>. Accessed 12/12/2013.
25. Hilfsfristen der Bundesländer. 2010; Forplan Dr. Schmiedel; http://www.forplan.de/tl_files/downloads/Hilfsfrist%20Bundeslaender.pdf. Accessed 12/12/2013.
26. Historie. Ambulancezorg Nederland; <http://www.ambulancezorg.nl/nederlands/pagina/928/historie.html>. Accessed 12/12/2013.
27. Initiële opleiding. Academie voor Ambulancezorg; <http://www.academievoorambulancezorg.nl/opleidingen/ambulanceverpleegkundige/initiele-opleiding>. Accessed 12/12/2013.
28. Introductie. Ambulancezorg Nederland; <http://www.ambulancezorg.nl/nederlands/pagina/911/introductie-6.html>. Accessed 12/12/2013.
29. Kengetallen. 2012; Ambulancezorg Nederland; <http://www.ambulancezorg.nl/nederlands/pagina/930/kengetallen.html>. Accessed 12/12/2013.
30. Ketenzorg. Landelijk netwerk acute zorg; http://www.lnaz.nl/bues_cms/nl/33/ketenzorg.html. Accessed 12/12/2013.
31. Landelijke Acute Zorg Kaart. 20/08/2014.
32. Leistelle. *Bedarfsplan für den Rettungsdienst Kreis Borken*: Kreis Borken:10-15. <http://www.kreis-borken.de/fileadmin/internet/downloads/fe32/32.3/Rettungsdienstbedarfsplan.pdf>. 12/12/2013.

33. Main transport indicators in the UNECE region. 2011; United Nations Economic Commission for Europe; http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp6/publications/TryptiqueMainTransportIndicators_English.pdf. Accessed 12/12/2013.
34. Mobiel Medisch Team (MMT). Ambulancezorg Fryslân; <http://www.ambulancezorgfryslan.nl/ambulancezorgfriesland/site/mobiel-medisch-team>. Accessed 15/03/2014.
35. Notfallmedizin. Das Weiterbildungsportal von BDA und DGAI; <http://www.anaesthesist-werden.de/notfallmedizin.html>. Accessed 12/12/2013.
36. Operationswagen der Chirurg. Klinik Heidelberg (1. Fahrbarer Operationsaal der Bundesrepublik). 23. Mai 1957; Bundesarchiv; [http://www.bild.bundesarchiv.de/cross-search/search/_1394897426/?search\[view\]=detail&search\[focus\]=2](http://www.bild.bundesarchiv.de/cross-search/search/_1394897426/?search[view]=detail&search[focus]=2). Accessed 15/03/2014.
37. PHTLS Provider / PHTLS Refresher. Academie voor Ambulancezorg; <http://www.academievoorambulancezorg.nl/opleidingen/ambulanceverpleegkundige/post-initiele-opleidingen/phtls-provider-phtls-refresher>. Accessed 12/12/2013.
38. Post-initiële opleidingen. Academie voor Ambulancezorg; <http://www.academievoorambulancezorg.nl/opleidingen/ambulanceverpleegkundige/post-initiele-opleidingen>. Accessed 12/12/2013.
39. Prestaties A1-inzetten 2012. 2013; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Nationale Atlas Volksgezondheid; <http://www.zorgatlas.nl/zorg/acutezorg/prestaties-a1-inzetten/#breadcrumb>. Accessed 12/12/2013.
40. Proposal for clinical algorithm standards. Society for Medical Decision Making Committee on Standardization of Clinical Algorithms. *Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making*. 1992;12(2):149-154.
41. Reistijd tot dichtstbijzijnde traumacentrum 2009. 2009; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Nationale Atlas Volksgezondheid <http://www.zorgatlas.nl/zorg/ziekenhuiszorg/traumazorgen/reistijd-tot-dichtstbijzijnde-traumacentrum-2009/>. Accessed 12/12/2013.
42. Rettungsassistent. Deutsches Rotes Kreuz; <http://www.drk-ls-bw.de/113.html>. Accessed 12/12/2013.
43. Rettungsassistent/in. Bundesagentur für Arbeit; <http://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe/?dest=profession&prof-id=8882>. Accessed 12/12/2013.
44. Rettungsdienste und Krankentransportwesen, Kapitel 6.13. 1998; Gesundheitsberichterstattung des Bundes; http://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gasts&p_aid=&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=1137::Herz. Accessed 12/12/2013.
45. Rettungshelfer. Deutsches Rotes Kreuz; <http://www.drk-ls-bw.de/115.html>. Accessed 12/12/2013.
46. Rettungssanitäter/in. Bundesagentur für Arbeit; <http://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe/?dest=profession&prof-id=8888>. Accessed 12/12/2013.
47. Richtlijnen en protocollen. Ambulancezorg Nederland; <http://www.ambulancezorg.nl/nederlands/pagina/1033/richtlijnen-en-protocollen.html>. Accessed 12/12/2013.
48. Second Amendment | U.S. Constitution. Cornell University Law School; http://www.law.cornell.edu/constitution/second_amendment. Accessed 12/12/2013.

49. *Traumakonzep*t Münster *Rettungsassistenten- und Notarzt-Fortbildung Berufsfeuerwehr Münster 2009/2010*. Münster: Malteser Hilfsdienst gemeinnützige GmbH; 2009.
50. Traumanetzwerk. Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie; http://klinikum.uni-muenster.de/index.php?id=unfallchiurgie_stationen#c17828. Accessed 12/12/2013.
51. TraumaNetzwerk NordWest. Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie; <http://www.team-tnnw.de/tnnw.html>. Accessed 12/12/2013.
52. TraumaNetzwerk NW. Acute Zorg Euregio; http://www.acutezorgeuregio.nl/de/Euregionale_samenwerking/TraumaNetzwerk_NordWest/. Accessed 12/12/2013.
53. Traumaregister DGU - Jahresbericht 2010. 2010; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie; http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/TR-DGU-Jahresbericht_2010.pdf. Accessed 12/12/2013.
54. Traumazentrum in den Niederlanden auditiert. DIOcert GmbH; https://www.diocert.de/neuigkeiten-details/items/tn_in_niederlanden_zertifiziert.html. Accessed 12/12/2013.
55. Weissbuch Schwerverletztenversorgung. 2 ed: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.; 2012. http://www.dgu-online.de/fileadmin/published_content/5.Qualitaet_und_Sicherheit/PDF/20_07_2012_Weissbuch_Schwerverletztenversorgung_Auflage2.pdf. 11/12/2013.
56. Wet op de beroepen in de individuele gezondheidszorg. 1993; Maxius voorheen Lexius; <http://maxius.nl/wet-op-de-beroepen-in-de-individuele-gezondheidszorg/hoofdstuk4>. Accessed 12/12/2013.
57. The year 2010 (Summary of the Report from the Board of Directors). 2010; ANWB; http://www.anwb.nl/binaries/pdf/over-anwb/jaarverslag/2010annual_report_summary.pdf. Accessed 12/12/2013.
58. Adnet F, Jouriles NJ, Le Toumelin P, et al. Survey of out-of-hospital emergency intubations in the French prehospital medical system: a multicenter study. *Annals of Emergency Medicine*. 1998;32(4):454-460.
59. Afzali M, Hesselfeldt R, Steinmetz J, Thomsen AB, Rasmussen LS. A helicopter emergency medical service may allow faster access to highly specialised care. *Danish medical journal*. 2013;60(7):A4647.
60. Albrech M, Bergé-Hasmann M, Heib T, Prell D, Sinclair D, Altemeyer KH. Qualitätskontrolle von Rettungshubschraubereinsätzen am Beispiel schwerer Schädelhirntraumen und Polytrauman. *Notfall & Rettungsmedizin*. 2001;4(2):130-139.
61. Aldrian S, Nau T, Koenig F, Weninger P, Vécsei V. Management of Polytrauma Patients During 10 Years. *Osteo Trauma Care*. 2006(14):93-97.
62. Ambacher T, Riesener K-P, Truong S, Kasperk R, Schumpelick V. Systematische sonographische Diagnostik des Abdomens beim Traumapatienten. *Trauma und Berufskrankheit*. 2000;2(3):174-181.
63. Andriessen TM, Horn J, Franschman G, et al. Epidemiology, severity classification, and outcome of moderate and severe traumatic brain injury: a prospective multicenter study. *Journal of neurotrauma*. 2011;28(10):2019-2031.
64. Arbabi S, Jurkovich GJ, Wahl WL, et al. A comparison of prehospital and hospital data in trauma patients. *The Journal of trauma*. 2004;56(5):1029-1032.
65. Arnold JL. International emergency medicine and the recent development of emergency medicine worldwide. *Annals of Emergency Medicine*. 1999;33(1):97-103.

66. Arntz HR, Klatt S, Stern R, Willich SN, Benecker J. Sind Notarztdiagnosen zuverlässig? *Notfall*. 1997;0(0):12-19.
67. Aufmkolk M, Ruchholtz S, Hering M, Waydhas C, Nast-Kolb D. Wertigkeit der subjektiven Einschätzung der Thoraxverletzungsschwere durch den Notarzt. *Der Unfallchirurg*. 2003;106(9):746-753.
68. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *The Journal of trauma*. 1974;14(3):187-196.
69. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. Epidemiology of the severely injured patient. A prospective assessment of preclinical and clinical management. AG Polytrauma of DGU. *Der Unfallchirurg*. 2000;103(5):355-363.
70. Bartolacci RA, Munford BJ, Lee A, McDougall PA. Air medical scene response to blunt trauma: effect on early survival. *The Medical journal of Australia*. 1998;169(11-12):612-616.
71. Baxt WG, Moody P. The impact of a physician as part of the aeromedical prehospital team in patients with blunt trauma. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 1987;257(23):3246-3250.
72. Baxt WG, Moody P. The impact of advanced prehospital emergency care on the mortality of severely brain-injured patients. *The Journal of trauma*. 1987;27(4):365-369.
73. Berlac P, Hyldmo PK, Kongstad P, et al. Pre-hospital airway management: guidelines from a task force from the Scandinavian Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2008;52(7):897-907.
74. Berlot G, Bacer B, Gullo A. Controversial aspects of the prehospital trauma care. *Critical Care Clinics*. 2006;22(3):457-468, ix.
75. Berlot G, La Fata C, Bacer B, et al. Influence of prehospital treatment on the outcome of patients with severe blunt traumatic brain injury: a single-centre study. *European journal of emergency medicine : official journal of the European Society for Emergency Medicine*. 2009;16(6):312-317.
76. Bertelink P. MST Level I Traumazentrum: Traumazentrum Euregio; 2009. Präsentation
77. Beuran M, Paun S, Gaspar B, et al. Prehospital trauma care: a clinical review. *Chirurgia (Bucharest, Romania : 1990)*. 2012;107(5):564-570.
78. Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H. Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *The Journal of trauma*. 2004;56(1):94-98.
79. Biewener A, Aschenbrenner U, Sauerland S, Zwipp H, Rammelt S, Sturm J. Einfluss von Rettungsmittel und Zielklinik auf die Letalität nach Polytrauma. *Der Unfallchirurg*. 2005;108(5):370-377.
80. Biewener A, Holch M, Müller U, Veitinger A, Erfurt C, Zwipp H. Einfluss von logistischem und medizinischem Rettungsaufwand auf die Letalität nach schwerem Trauma. *Der Unfallchirurg*. 2000;103(2):137-143.
81. Billeter A, Neuhaus V, Wanner G, Simmen H-P, Turina M. Die Bedeutung des Unfallzeitpunktes in der initialen Traumaversorgung: Eine Untersuchung anhand 722 konsekutiver Polytraumapatienten 2011; Deutsche Gesellschaft für Chirurgie; <http://www.egms.de/static/de/meetings/dgch2011/11dgch828.shtml>. Accessed 12/12/2013.
82. Birk HO, Henriksen LO. Prehospital interventions: on-scene-time and ambulance-technicians' experience. *Prehospital and Disaster Medicine*. 2002;17(3):167-169.
83. Blumen IJ. Helicopter EMS vs. All Helicopter Accident Data: 1990–2000. A safety review and risk assessment in air medical transport - Supplement to the

- air medical physicians' handbook*. Salt Lake City: Air Medical Physician, Association; 2002:24-28.
84. Bochicchio GV, Ilahi O, Joshi M, Bochicchio K, Scalea TM. Endotracheal intubation in the field does not improve outcome in trauma patients who present without an acutely lethal traumatic brain injury. *The Journal of trauma*. 2003;54(2):307-311.
85. Boers I, Duijf P, Leerkes G, van Rhijn J, van der Werff H. Ambulances in-zicht 2012. Zwolle: HSGB, Tiel; 2012: <https://www.everyoffice.nl/cmspanel/userfiles/235/files/Ambulances%20in-zicht%202012%283%29.pdf>. Accessed 12/12/2013.
86. Bohn A. Persönliche Mitteilung: Münster; 29/09/2011.
87. Borck M. NiederlandeNet – Soziales - Zusammenarbeit im Gesundheitssektor - Zusammenarbeit bei Großschadensereignissen. 2009; WWU Münster; <http://www.uni-muenster.de/NiederlandeNet/nl-wissen/soziales/vertiefung/zusammenarbeit/grossschadensereignisse.html>. Accessed 12/12/2013.
88. Botker MT, Bakke SA, Christensen EF. A systematic review of controlled studies: do physicians increase survival with prehospital treatment? *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2009;17(Journal Article):12-7241-7217-7212.
89. Bouillon B, Kramer M, Tiling T, Neugebauer E. Trauma score systems as instruments in quality control. A prospective study on validation of 7 trauma score systems with 612 trauma patients. *Der Unfallchirurg*. 1993;96(2):55-61.
90. Bouillon B, Lefering R, Vorweg M, Tiling T, Neugebauer E, Troidl H. Trauma score systems: Cologne Validation Study. *The Journal of trauma*. 1997;42(4):652-658.
91. Bouillon B, Neugebauer E. Outcome after polytrauma. *Langenbeck's archives of surgery / Deutsche Gesellschaft für Chirurgie*. 1998;383(3-4):228-234.
92. Bouillon B, Neugebauer E, Rixen D, Lefering R, Tiling T. Wertigkeit klinischer Scoringssysteme zur Beurteilung der Verletzungsschwere und als Instrumente für ein Qualitätsmanagement bei Schwerverletzten. *Zentralblatt für Chirurgie*. 1996;121(11):914-923.
93. Boulanger L, Joshi AV, Tortella BJ, Menzin J, Caloyeras JP, Russell MW. Excess mortality, length of stay, and costs associated with serious hemorrhage among trauma patients: findings from the National Trauma Data Bank. *The American Surgeon*. 2007;73(12):1269-1274.
94. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *The Journal of trauma*. 1987;27(4):370-378.
95. Brambrink AM, Koerner IP. Prehospital advanced trauma life support: how should we manage the airway, and who should do it? *Critical Care (London, England)*. 2004;8(1):3-5.
96. Branas CC, Sing RF, Davidson SJ. Urban trauma transport of assaulted patients using nonmedical personnel. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*. 1995;2(6):486-493.
97. Brand H, Hollederer A, Wolf U, Brand A. Cross-border health activities in the Euregios: good practice for better health. *Health policy (Amsterdam, Netherlands)*. 2008;86(2-3):245-254.
98. Brazier J, Nicholl J, Snooks H. The cost and effectiveness of the London Helicopter Emergency Medical Service. *Journal of health services research & policy*. 1996;1(4):232-237.
99. Brilej D, Vlaovic M, Komadina R. Improved prediction from revised injury severity classification (RISC) over trauma and injury severity score (TRISS) in

- an independent evaluation of major trauma patients. *The Journal of international medical research*. 2010;38(4):1530-1538.
100. Brown JB, Stassen NA, Bankey PE, Sangosanya AT, Cheng JD, Gestring ML. Helicopters and the civilian trauma system: national utilization patterns demonstrate improved outcomes after traumatic injury. *The Journal of trauma*. 2010;69(5):1030-1034; discussion 1034-1036.
 101. Bruns J, Jr., Hauser WA. The epidemiology of traumatic brain injury: a review. *Epilepsia*. 2003;44 Suppl 10(Journal Article):2-10.
 102. Bulger EM, Maier RV. Prehospital care of the injured: what's new. *The Surgical clinics of North America*. 2007;87(1):37-53, vi.
 103. Bundesärztekammer. Indikationskatalog für den Notarzteeinsatz: Handreichung für Telefondisponenten in Notdienstzentralen und Rettungsleitstellen. *Dtsch Arztebl International*. 2013;110(11):A-521.
 104. Bundesrat. *Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften über den Aktionsrahmen im Bereich der öffentlichen Gesundheit*. Vol Drucksache 942/93. Bonn1993.
 105. Buntman AJ, Yeomans KA. The effect of air medical transport on survival after trauma in Johannesburg, South Africa. *South African medical journal = Suid-Afrikaanse tydskrif vir geneeskunde*. 2002;92(10):807-811.
 106. Burney RE, Hubert D, Passini L, Maio R. Variation in air medical outcomes by crew composition: a two-year follow-up. *Annals of Emergency Medicine*. 1995;25(2):187-192.
 107. Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*. 2009;40 Suppl 4(Journal Article):S12-22.
 108. Butler DP, Anwar I, Willett K. Is it the H or the EMS in HEMS that has an impact on trauma patient mortality? A systematic review of the evidence. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2010;27(9):692-701.
 109. Carr BG, Brachet T, David G, Duseja R, Branäs CC. The time cost of prehospital intubation and intravenous access in trauma patients. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors*. 2008;12(3):327-332.
 110. Carr BG, Caplan JM, Pryor JP, Branäs CC. A meta-analysis of prehospital care times for trauma. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors*. 2006;10(2):198-206.
 111. Cayten CG, Stahl WM, Murphy JG, Agarwal N, Byrne DW. Limitations of the TRISS method for interhospital comparisons: a multihospital study. *The Journal of trauma*. 1991;31(4):471-481; discussion 481-472.
 112. Champion HR. Trauma scoring. *Scandinavian journal of surgery : SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society*. 2002;91(1):12-22.
 113. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, et al. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *The Journal of trauma*. 1990;30(11):1356-1365.
 114. Champion HR, Sacco WJ, Carnazzo AJ, Copes W, Fouty WJ. Trauma score. *Critical Care Medicine*. 1981;9(9):672-676.
 115. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Improvement in outcome from trauma center care. *Archives of surgery (Chicago, Ill.: 1960)*. 1992;127(3):333-338; discussion 338.
 116. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Injury severity scoring again. *The Journal of trauma*. 1995;38(1):94-95.
 117. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME. A revision of the Trauma Score. *The Journal of trauma*. 1989;29(5):623-629.

118. Cheng CH, Graham CA, Gabbe BJ, et al. Trauma care systems: a comparison of trauma care in Victoria, Australia, and Hong Kong, China. *Annals of Surgery*. 2008;247(2):335-342.
119. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *The Journal of trauma*. 2002;52(3):420-425.
120. Clevenger FW, Yarbrough DR, Reines HD. Resuscitative thoracotomy: the effect of field time on outcome. *The Journal of trauma*. 1988;28(4):441-445.
121. Cobas MA, De la Pena MA, Manning R, Candiotti K, Varon AJ. Prehospital intubations and mortality: a level 1 trauma center perspective. *Anesthesia and Analgesia*. 2009;109(2):489-493.
122. Cowley RA, Hudson F, Scanlan E, et al. An economical and proved helicopter program for transporting the emergency critically ill and injured patient in Maryland. *The Journal of trauma*. 1973;13(12):1029-1038.
123. Crosby L, Parsons LC. Clinical neurologic assessment tool: development and testing of an instrument to index neurologic status. *Heart & lung : the journal of critical care*. 1989;18(2):121-129.
124. Cudnik MT, Newgard CD, Wang H, Bangs C, Herrington Rt. Endotracheal intubation increases out-of-hospital time in trauma patients. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors*. 2007;11(2):224-229.
125. Davis DP, Hoyt DB, Ochs M, et al. The effect of paramedic rapid sequence intubation on outcome in patients with severe traumatic brain injury. *The Journal of trauma*. 2003;54(3):444-453.
126. Davis DP, Peay J, Good B, et al. Air medical response to traumatic brain injury: a computer learning algorithm analysis. *The Journal of trauma*. 2008;64(4):889-897.
127. Davis DP, Peay J, Serrano JA, et al. The impact of aeromedical response to patients with moderate to severe traumatic brain injury. *Annals of Emergency Medicine*. 2005;46(2):115-122.
128. Davis DP, Peay J, Sise MJ, et al. The impact of prehospital endotracheal intubation on outcome in moderate to severe traumatic brain injury. *The Journal of trauma*. 2005;58(5):933-939.
129. Davis DP, Serrano JA, Vilke GM, et al. The predictive value of field versus arrival Glasgow Coma Scale score and TRISS calculations in moderate-to-severe traumatic brain injury. *The Journal of trauma*. 2006;60(5):985-990.
130. Davis DP, Stern J, Sise MJ, Hoyt DB. A follow-up analysis of factors associated with head-injury mortality after paramedic rapid sequence intubation. *The Journal of trauma*. 2005;59(2):486-490.
131. Davis DP, Vadeboncoeur TF, Ochs M, Poste JC, Vilke GM, Hoyt DB. The association between field Glasgow Coma Scale score and outcome in patients undergoing paramedic rapid sequence intubation. *The Journal of emergency medicine*. 2005;29(4):391-397.
132. de Jongh MA, Meeuwis JD, van Baar ME, van Stel HF, Schrijvers AJ. Evaluation of trauma care by comparing mortality risks and admission policy in a Dutch trauma region. *Injury*. 2008;39(9):1007-1012.
133. de Knecht C, Meylaerts SA, Leenen LP. Applicability of the trimodal distribution of trauma deaths in a Level I trauma centre in the Netherlands with a population of mainly blunt trauma. *Injury*. 2008;39(9):993-1000.
134. De Wing MD, Curry T, Stephenson E, Palmieri T, Greenhalgh DG. Cost-effective use of helicopters for the transportation of patients with burn injuries. *The Journal of burn care & rehabilitation*. 2000;21(6):535-540.

135. Deakin CD. How much to do at the accident scene? Anaesthetists are best people to provide prehospital airway management. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2000;320(7240):1006.
136. DeKeyser F, Avitzour M, Watts DD, Trask AL, Muggia-Sullam M. International trauma care: a comparison between Jerusalem, Israel, and Fairfax County, Virginia, USA. *The Israel Medical Association journal : IMAJ*. 2002;4(2):103-108.
137. Demetriades D, Chan L, Velmanos GV, et al. TRISS methodology: an inappropriate tool for comparing outcomes between trauma centers. *Journal of the American College of Surgeons*. 2001;193(3):250-254.
138. Demetriades D, Kimbrell B, Salim A, et al. Trauma deaths in a mature urban trauma system: is "trimodal" distribution a valid concept? *Journal of the American College of Surgeons*. 2005;201(3):343-348.
139. Demetriades D, Murray J, Charalambides K, et al. Trauma fatalities: time and location of hospital deaths. *Journal of the American College of Surgeons*. 2004;198(1):20-26.
140. Di Bartolomeo S, Sanson G, Michelutto V, et al. Epidemiology of major injury in the population of Friuli Venezia Giulia-Italy. *Injury*. 2004;35(4):391-400.
141. Dick WF. Anglo-American vs. Franco-German emergency medical services system. *Prehospital and Disaster Medicine*. 2003;18(1):29-35; discussion 35-27.
142. Dick WF. Brauchen wir noch einen Notarzt oder brauchen wir einen anderen Notarzt? *Notfall & Rettungsmedizin*. 2002(5):138-141.
143. Dick WF. Effectiveness of preclinical emergency management. Fiction or fact? *Der Anaesthetist*. 1996;45(1):75-87.
144. Dick WF, Baskett P, Grande C, et al. Empfehlung zur einheitlichen Dokumentation nach schwerem Trauma - der Utstein-Style. *Der Notarzt*. 2001(17):1-14.
145. Driscoll P, Lecky F. Primary prevention is better than cure. *Emergency medicine*. 2004;16(4):265-266.
146. Dunham CM, Barraco RD, Clark DE, et al. Guidelines for emergency tracheal intubation immediately after traumatic injury. *The Journal of trauma*. 2003;55(1):162-179.
147. Eastridge BJ, Jenkins D, Flaherty S, Schiller H, Holcomb JB. Trauma system development in a theater of war: Experiences from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *The Journal of trauma*. 2006;61(6):1366-1372; discussion 1372-1363.
148. Eckstein M, Chan L, Schneir A, Palmer R. Effect of prehospital advanced life support on outcomes of major trauma patients. *The Journal of trauma*. 2000;48(4):643-648.
149. Edwards A, Di Bartolomeo S, Chieregato A, et al. A comparison of European Trauma Registries. The first report from the EuroTARN Group. *Resuscitation*. 2007;75(2):286-297.
150. Egberink R. Ein guter Nachbar und ein ferner Freund: Acute Zorg Euregio; 2011. Präsentation
151. Egberink R. Persönliche Mitteilung: Münster; 20/09/2011.
152. Egberink R. Trauma care in the Netherlands: Traumacentrum Euregio; 2010. Präsentation
153. Eich H-P, Ohmann C, Kaltenborn K-F. Wissensbasierte Systeme für die Krankenversorgung und Forschung. *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie. Sonderheft*. 1999;73(Journal Article):359-400.

154. Ekkernkamp A, Brand J, Wernet E, Muhr G, Rehn J. Was beeinflusst das Resultat von Abdominaltraumen? Eine Analyse von 558 Patienten. *Der Unfallchirurg*. 1992;95(8):380-386.
155. Engel DC, Mikocka-Walus A, Cameron PA, Maegele M. Pre-hospital and in-hospital parameters and outcomes in patients with traumatic brain injury: a comparison between German and Australian trauma registries. *Injury*. 2010;41(9):901-906.
156. Esposito TJ, Offner PJ, Jurkovich GJ, Griffith J, Maier RV. Do prehospital trauma center triage criteria identify major trauma victims? *Archives of surgery (Chicago, Ill.: 1960)*. 1995;130(2):171-176.
157. Feero S, Hedges JR, Simmons E, Irwin L. Does out-of-hospital EMS time affect trauma survival? *The American Journal of Emergency Medicine*. 1995;13(2):133-135.
158. Findlay G, Martin IC, Carter S, Smith N, Weyman D, Mason M. Chapter 4 - Prehospital care. *Trauma: Who cares? A report of the National Confidential Enquiry into Patient Outcome and Death*. London: National Confidential Enquiry into Patient Outcome and Death (NCEPOD); 2007:38-48.
159. Fischbacher M, Matthes G, Wölfl C, Sauerland S. Präklinische Intubation bei Trauma: Ergebnisse einer systematischen Literaturanalyse. *Notfall und Rettungsmedizin*. 2007;10(7):494-499.
160. Fischer M, Krep H, Wierich D, et al. Comparison of the emergency medical services systems of Birmingham and Bonn: process efficacy and cost effectiveness. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS*. 2003;38(10):630-642.
161. Foster JT. Helicopters make sense in medical care. *Modern hospital*. 1969;112(2):78-82.
162. Frankema SP, Ringburg AN, Steyerberg EW, Edwards MJ, Schipper IB, van Vugt AB. Beneficial effect of helicopter emergency medical services on survival of severely injured patients. *The British journal of surgery*. 2004;91(11):1520-1526.
163. Franschman G, Andriessen TMJC, Boer C, et al. Physician-based emergency medical service deployment characteristics in severe traumatic brain injury: A Dutch multicenter study. *Injury*. 2013;44(9):1232-1236.
164. Franschman G, Peerdeman SM, Greuters S, et al. Prehospital endotracheal intubation in patients with severe traumatic brain injury: guidelines versus reality. *Resuscitation*. 2009;80(10):1147-1151.
165. Fries M, Beckers S, Bickenbach J, et al. Incidence of cross-border emergency care and outcomes of cardiopulmonary resuscitation in a unique European region. *Resuscitation*. 2007;72(1):66-73.
166. Frink M, Probst C, Hildebrand F, et al. Einfluss des Transportmittels auf die Letalität bei polytraumatisierten Patienten. *Der Unfallchirurg*. 2007;110(4):334-340.
167. Frink M, Zeckey C, Mommsen P, Haasper C, Krettek C, Hildebrand F. Polytrauma management - a single centre experience. *Injury*. 2009;40 Suppl 4(Journal Article):S5-11.
168. Gabbe BJ, Cameron PA, Finch CF. Is the revised trauma score still useful? *ANZ Journal of Surgery*. 2003;73(11):944-948.
169. Gabbe BJ, Cameron PA, Finch CF. The status of the Glasgow Coma Scale. *Emergency medicine (Fremantle, W.A.)*. 2003;15(4):353-360.
170. Gabbe BJ, Cameron PA, Wolfe R. TRISS: does it get better than this? *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*. 2004;11(2):181-186.

171. Gabram SG, Jacobs LM, Schwartz RJ, Stohler SA. Airway intubation in injured patients at the scene of an accident. *Connecticut medicine*. 1989;53(11):633-637.
172. Ganz JC. The lucid interval associated with epidural bleeding: evolving understanding. *Journal of neurosurgery*. 2013;118(4):739-745.
173. Garner A, Rashford S, Lee A, Bartolacci R. Addition of physicians to paramedic helicopter services decreases blunt trauma mortality. *The Australian and New Zealand Journal of Surgery*. 1999;69(10):697-701.
174. Garner AA. The role of physician staffing of helicopter emergency medical services in prehospital trauma response. *Emergency medicine Australasia : EMA*. 2004;16(4):318-323.
175. Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ, et al. Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: a controlled clinical trial. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 2000;283(6):783-790.
176. Gearhart PA, Wuerz R, Localio AR. Cost-effectiveness analysis of helicopter EMS for trauma patients. *Annals of Emergency Medicine*. 1997;30(4):500-506.
177. Gennari TD, Koizumi MS. Determination of the trauma severity level. *Revista de saude publica*. 1995;29(5):333-341.
178. Gentleman D, Dearden M, Midgley S, Maclean D. Guidelines for resuscitation and transfer of patients with serious head injury. *BMJ (Clinical research ed.)*. 1993;307(6903):547-552.
179. Giannakopoulos GF, Bloemers FW, Lubbers WD, et al. Criteria for cancelling helicopter emergency medical services (HEMS) dispatches. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2012;29(7):582-586.
180. Giannakopoulos GF, Lubbers WD, Christiaans HM, et al. Cancellations of (helicopter-transported) mobile medical team dispatches in the Netherlands. *Langenbeck's archives of surgery / Deutsche Gesellschaft fur Chirurgie*. 2010;395(6):737-745.
181. Giannakopoulos GF, Saltzherr TP, Lubbers WD, et al. Is a maximum Revised Trauma Score a safe triage tool for Helicopter Emergency Medical Services cancellations? *European journal of emergency medicine : official journal of the European Society for Emergency Medicine*. 2011;18(4):197-201.
182. Glance LG, Osler T. Beyond the major trauma outcome study: benchmarking performance using a national contemporary, population-based trauma registry. *The Journal of trauma*. 2001;51(4):725-727.
183. Glance LG, Osler TM, Dick AW. Evaluating trauma center quality: does the choice of the severity-adjustment model make a difference? *The Journal of trauma*. 2005;58(6):1265-1271.
184. Gliwitzky B. Herzlich Willkommen bei PHTLS Deutschland! . Deutscher Berufsverband Rettungsdienst e.V.; <http://www.phtls-online.de/>. Accessed 12/12/2013.
185. Gold CR. Prehospital advanced life support vs "scoop and run" in trauma management. *Annals of Emergency Medicine*. 1987;16(7):797-801.
186. Gorgaß B, Ahnefeld F. *Rettungsassistent und Rettungssanitäter*. Vol 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1989.
187. Gorgaß B, Ahnefeld FW, Rossi R, Lippert H-D. Funktionen des modernen Rettungsdienstes. *Rettungsassistent und Rettungssanitäter*. 7 ed. Berlin Heidelberg New York: Springer; 2005:11-22.
188. Graf M, Demartines N, Harder F, Scheidegger D. Polytrauma: comparison of the hospital course after air- (with emergency physician) versus ground

- transport (without emergency physician). *Helvetica chirurgica acta*. 1993;59(4):649-653.
189. Gräsner J-T, Heller C, Döriges V, Scholz J. Narkose im Rettungsdienst : Anästhesie unter erschwerten Bedingungen. *AINS.Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*. 2006;41(11-12):728-732.
190. Gries A, Helm M, Martin E. Zukunft der präklinischen Notfallmedizin in Deutschland. *Der Anaesthetist (Berlin.Print)*. 2003;52(8):718-724.
191. Gries A, Russ N, Schlechtriemen T. Luftrettung in Deutschland - eine aktuelle Übersicht. *Notfallmedizin up2date (Internet)*. 2007;2(4):341-357.
192. Grieving J. ADAC Luftrettung Bilanz 2011. 2012; ADAC; http://www.adac.de/_mmm/pdf/PI%20Tag%20der%20LRG%202012%20ENDF_Grie_109098.pdf. Accessed 12/12/2013.
193. Grol R, Giesen P, van Uden C. After-hours care in the United Kingdom, Denmark, and the Netherlands: new models. *Health affairs (Project Hope)*. 2006;25(6):1733-1737.
194. Haas B, Nathens AB. Pro/con debate: is the scoop and run approach the best approach to trauma services organization? *Critical Care (London, England)*. 2008;12(5):224.
195. Haas NP. Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der präklinischen und klinischen Patientenversorgung an Unfallchirurgischen Abteilungen in Krankenhäusern der Bundesrepublik Deutschland. *Der Unfallchirurg*. 1997;100(1):2-7.
196. Haas NP, Hoffmann RF, Mauch C, von Fournier C, Sudkamp NP. The management of polytraumatized patients in Germany. *Clinical orthopaedics and related research*. 1995;(318)(318):25-35.
197. Hammell CL, Henning JD. Prehospital management of severe traumatic brain injury. *BMJ*. 2009;338(may19 1):b1683 <last_page> b1683.
198. Hannan EL, Mendeloff J, Farrell LS, Cayten CG, Murphy JG. Validation of TRISS and ASCOT using a non-MTOS trauma registry. *The Journal of trauma*. 1995;38(1):83-88.
199. Harding U. Struktur des Rettungsdienstes: Klinik und Polyklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin Universitätsklinikum Münster; 2010. Präsentation
200. Harrahill M. Glasgow Coma Scale: a quick review. *Journal of emergency nursing: JEN : official publication of the Emergency Department Nurses Association*. 1996;22(1):81-83.
201. Harris T, Davenport R, Hurst T, Jones J. Improving outcome in severe trauma: trauma systems and initial management: intubation, ventilation and resuscitation. *Postgraduate medical journal*. 2012;88(1044):588-594.
202. Heckermann D, Wetekam V, Hundt W, Reiser M. Nutzwert- und Wirtschaftlichkeitsanalyse verschiedener Teleradiologieszenarien : Teleradiologie. *Der Radiologe (Berlin.Print)*. 1997;37(4):285-293.
203. Heemann-Dorgeist M. Die Integrierte Leitstelle für Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz der Feuerwehr Münster. Stadt Münster; <http://www.muenster.de/stadt/feuerwehr/leitstelle.html>. Accessed 12/12/2013.
204. Hein B. Der Pferdesportverband Westfalen e.V. Pferdesportverband Westfalen e. V.; <http://www.pferdesportwestfalen.de/verband/der-verband.php>. Accessed 12/12/2013.
205. Helm M, Hauke J, Lampl L. A prospective study of the quality of pre-hospital emergency ventilation in patients with severe head injury. *British journal of anaesthesia*. 2002;88(3):345-349.
206. Helm M, Hossfeld B, Schafer S, Hoitz J, Lampl L. Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting--a multicentre study in the

- German Helicopter Emergency Medical Service. *British journal of anaesthesia*. 2006;96(1):67-71.
207. Herlitz J, Bang A, Gunnarsson J, et al. Factors associated with survival to hospital discharge among patients hospitalised alive after out of hospital cardiac arrest: change in outcome over 20 years in the community of Goteborg, Sweden. *Heart (British Cardiac Society)*. 2003;89(1):25-30.
208. Hesselink G. *Traumazorg in de Euregio, 'van een halve naar een hele cirkel'; een onderzoek naar de knelpunten bij de grensoverschrijdende traumatologie in de Euregio*. Nijmegen, Radboud Universiteit, Faculteit der Managementwetenschappen; 2005.
209. Hinkelbein J, Schwalbe M, Neuhaus C, Wetsch WA, Genzwurker HV. Incidents, accidents and fatalities in 40 years of German helicopter emergency medical system operations. *European journal of anaesthesiology*. 2011;28(11):766-773.
210. Hoedtke J, Knacke PG, Marung H, Moecke H, Wirtz S. Polytraumaversorgung - Quo vadis? - Von goldenen stunden, platinen minuten: Ein vergleich unterschiedlicher strategien und ausbildungskonzepte. *Notarzt*. 2010;26(5):209-215.
211. Hotvedt R, Kristiansen IS, Forde OH, et al. Which groups of patients benefit from helicopter evacuation? *Lancet*. 1996;347(9012):1362-1366.
212. Hübner BL. *Evaluation of the immediate effects of preclinical treatment of severely injured patients by Helicopter Trauma Team in The Netherlands*. Amsterdam, Vrije Universiteit te Amsterdam; 1999.
213. Hussain LM, Redmond AD. Are pre-hospital deaths from accidental injury preventable? *BMJ (Clinical research ed.)*. 1994;308(6936):1077-1080.
214. Irvin CB, Szpunar S, Cindrich LA, Walters J, Sills R. Should trauma patients with a Glasgow Coma Scale score of 3 be intubated prior to hospital arrival? *Prehospital and Disaster Medicine*. 2010;25(6):541-546.
215. Jansen J. Zukunftsperspektive Europa: Deutsches Rotes Kreuz; 2009. <https://www.drk-wb.de/download-na.php?dokid=16258>. 12/12/2013. Präsentation
216. Joosse P, Goslings JC, Luitse JS, Ponsen KJ. M-study; arguments for regional trauma databases. *The Journal of trauma*. 2005;58(6):1272-1276; discussion 1277.
217. Juhra C. Persönliche Mitteilung: Münster; 22/09/2011.
218. Jurkovich GJ, Mock C. Systematic review of trauma system effectiveness based on registry comparisons. *The Journal of trauma*. 1999;47(3 Suppl):S46-55.
219. Kanz KG, Sturm JA, Mutschler W. Algorithm for prehospital blunt trauma management. *Der Unfallchirurg*. 2002;105(11):1007-1014.
220. Keane MG. A review of the role of telemedicine in the accident and emergency department. *Journal of telemedicine and telecare*. 2009;15(3):132-134.
221. Kelly JF, Ritenour AE, McLaughlin DF, et al. Injury severity and causes of death from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: 2003-2004 versus 2006. *The Journal of trauma*. 2008;64(2 Suppl):S21-26; discussion S26-27.
222. Kerby JD, Cusick MV. Prehospital emergency trauma care and management. *The Surgical clinics of North America*. 2012;92(4):823-841, vii.
223. Kilgo PD, Meredith JW, Hensberry R, Osler TM. A note on the disjointed nature of the injury severity score. *The Journal of trauma*. 2004;57(3):479-485; discussion 486-477.
224. Kirschner M. Die fahrbare chirurgische Klinik : (Röntgen-, Operations- und Schwerverletztenabteilung.). *Der Chirurg*. 1938;10(20):713-719.

225. Klemen P, Grmec S. Effect of pre-hospital advanced life support with rapid sequence intubation on outcome of severe traumatic brain injury. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2006;50(10):1250-1254.
226. Kondo Y, Abe T, Kohshi K, Tokuda Y, Cook EF, Kukita I. Revised trauma scoring system to predict in-hospital mortality in the emergency department: Glasgow Coma Scale, Age, and Systolic Blood Pressure score. *Critical Care (London, England)*. 2011;15(4):R191.
227. König F, Berg W, König E, Faust V. Zur Häufigkeit des neurologischen Notfalls im Notarztdienst. 1996;12:60-64.
228. Kühn D, Luxem J, Runggaldier DK. 29.4 Rettungsdienstpersonal. In: Kühn D, Luxem J, Runggaldier DK, eds. *Rettungsdienst heute*. 5 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2010:694-695.
229. Kühn D, Luxem J, Runggaldier DK. 29.5 Rettungsmittel. In: Kühn D, Luxem J, Runggaldier DK, eds. *Rettungsdienst heute*. 5 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2010:695.
230. Kühn D, Luxem J, Runggaldier DK. 32.2 Luftrettung. In: Kühn D, Luxem J, Runggaldier DK, eds. *Rettungsdienst heute*. 5 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2010:725-731.
231. Kuhne CA, Ruchholtz S, Buschmann C, et al. Trauma centers in Germany. Status report. *Der Unfallchirurg*. 2006;109(5):357-366.
232. Kung HC, Hoyert DL, Xu J, Murphy SL. Deaths: final data for 2005. *National vital statistics reports : from the Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, National Vital Statistics System*. 2008;56(10):1-120.
233. Lay A. *Auswertung der Notarzteinsätze in Bayern auf dem DIVI- Protokolle als Basis für ein präklinisches Qualitätsmanagement*. Würzburg, Bayerischen Julius - Maximilians - Universität zu Würzburg; 2002.
234. Lechleuthner A, Emerman C, Dauber A, Bouillon B, Kubincanek JA. Evolution of rescue systems: a comparison between Cologne and Cleveland. *Prehospital and Disaster Medicine*. 1994;9(3):193-197.
235. Lecky F, Bryden D, Little R, Tong N, Moulton C. Emergency intubation for acutely ill and injured patients. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2008;(2):CD001429. doi(2):CD001429.
236. Lecky FE, Bouamra O, Woodford M, Alexandrescu R, O'Brien SJ. Epidemiology of Polytrauma. In: Springer, ed. *Damage control management in the polytrauma patient*. New York: Springer-Verlag; 2010:13-24.
237. Lefering R. Development and Validation of the Revised Injury Severity Classification Score for Severely Injured Patients. *European Journal of trauma and emergency surgery*. 2009;35(5):437-447.
238. Lefering R. Trauma score systems for quality assessment. *Eur J Trauma*. 2002(28):52-63.
239. Lehmann U, Grotz M, Regel G, Rudolph S, Tscherne H. Hat die Initialversorgung des polytraumatisierten Patienten Einfluss auf die Ausbildung eines multiplen Organversagens? Auswertung der präklinischen und klinischen Daten von 1112 polytraumatisierten Patienten. *Der Unfallchirurg*. 1995;98(8):442-446.
240. Leppaniemi A. Trauma systems in Europe. *Current opinion in critical care*. 2005;11(6):576-579.
241. Lerner EB, Moscati RM. The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine*. 2001;8(7):758-760.
242. Liberman M, Mulder D, Lavoie A, Denis R, Sampalis JS. Multicenter Canadian study of prehospital trauma care. *Annals of Surgery*. 2003;237(2):153-160.

243. Liberman M, Mulder D, Sampalis J. Advanced or basic life support for trauma: meta-analysis and critical review of the literature. *The Journal of trauma*. 2000;49(4):584-599.
244. Liberman M, Roudsari BS. Prehospital trauma care: what do we really know? *Current opinion in critical care*. 2007;13(6):691-696.
245. Liener UC, Rapp U, Lampl L, Helm M, Kinzl L, Gebhard F. Inzidenz schwerer Verletzungen - Ergebnisse einer populationsbezogenen Untersuchung. 2003; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie. ; <http://www.egms.de/static/en/meetings/dgu2003/03dgu0366.shtml>. Accessed 12/12/2013.
246. Lossius HM, Soreide E, Hotvedt R, et al. Prehospital advanced life support provided by specially trained physicians: is there a benefit in terms of life years gained? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2002;46(7):771-778.
247. MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, et al. A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. *The New England journal of medicine*. 2006;354(4):366-378.
248. MacKenzie EJ, Shapiro S, Siegel JH. The economic impact of traumatic injuries. One-year treatment-related expenditures. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 1988;260(22):3290-3296.
249. Madler C, Jauch K-W, Werdan J, Siegrist F-G, Pajonk C. 75.2 Präklinische Versorgung. In: Madler C, Jauch K-W, Werdan J, Siegrist F-G, Pajonk C, eds. *Akutmedizin - Die ersten 24 Stunden*. 4 ed. München: Elsevier GmbH; 2009:875-877.
250. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 7.3 Personal. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:60-61.
251. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 7.4 Rettungsmittel. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:61-62.
252. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.2 Einsatzarten. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:69-70.
253. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.3 Einsatzdisposition. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:70-71.
254. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.6 Einsatzspektrum. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:72.
255. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.7 Materielle Ausstattung. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:72-73.
256. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.8 Qualifikation. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:73-74.
257. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.10 Patientensicherheit. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:74-75.
258. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 8.11 Bedeutung der Luftrettung. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds.

- Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:75-76.
259. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 19.5 Wie können Scores im klinischen Alltag helfen? In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. Vol 4. Auflage: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:190-191.
260. Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG. 75.1 Therapeutische Aufgabe. In: Madler C, Jauch KW, Werdan K, Siegrist J, Pajonk FG, eds. *Akutmedizin – die ersten 24 Stunden*. 4 ed: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2009:872-875.
261. Maghsudi M, Nerlich M. Polytrauma. *Der Internist*. 1998;39(2):188-194.
262. Mancuso C, Barnoski A, Tinnell C, Fallon W, Jr. Using Trauma and Injury Severity Score (TRISS)-based analysis in the development of regional risk adjustment tools to trend quality in a voluntary trauma system: the experience of the Trauma Foundation of Northeast Ohio. *The Journal of trauma*. 2000;48(4):629-634; discussion 635-626.
263. Mann N, Clay Mullins RJ, MacKenzie EJ, Jurkovich GJ, Mock CN. Systematic Review of Published Evidence Regarding Trauma System Effectiveness. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*. 1999;47(3) (SUPPLEMENT):S25-S33.
264. Marion DW, Carlier PM. Problems with initial Glasgow Coma Scale assessment caused by prehospital treatment of patients with head injuries: results of a national survey. *The Journal of trauma*. 1994;36(1):89-95.
265. McCoy GF, Johnston RA, Duthie RB. Injury to the elderly in road traffic accidents. *J Trauma*. Apr 1989;29(4):494-497.
266. McMurtry RY, Nelson WR, de la Roche MR. Current concepts in trauma: 1. Principles and directions for development. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*. 1989;141(6):529-533.
267. McNicholl BP. The golden hour and prehospital trauma care. *Injury*. 1994;25(4):251-254.
268. McVey J, Petrie DA, Tallon JM. Air versus ground transport of the major trauma patient: a natural experiment. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors*. 2010;14(1):45-50.
269. Meßelken M, Kurz R, Milewski P. Fachspezifische Unterschiede im Erkennen und Behandeln von Notfällen beim Einsatz von Anästhesisten, Chirurgen und Internisten im Notarztdienst. *Deutscher Anaesthesiekongress 1982 Freie Vorträge*. 1984;161(Journal Article):368-375.
270. Meyer VA. 3.1.14 Niederlande. *Eine mögliche Abgrenzung eines notärztlichen von einem nicht-notärztlichen Rettungseinsatz und die Formulierung eines wissenschaftlichen Forschungsansatzes als Grundlage für die Ausbildung zum regelkompetenten Rettungsassistenten – auf dem Boden einer EU-weiten Analyse der Rettungsdienstsyste*m. 1 ed: Stumpf + Kossendey Verlag; 2010:56-60.
271. Miller JD, Sweet RC, Narayan R, Becker DP. Early insults to the injured brain. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 1978;240(5):439-442.
272. Millin MG, Hedges JR, Bass RR. The effect of ambulance diversions on the development of trauma systems. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors*. 2006;10(3):351-354.
273. Mitchell AD, Tallon JM, Sealy B. Air versus ground transport of major trauma patients to a tertiary trauma centre: a province-wide comparison using TRISS

- analysis. *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie*. 2007;50(2):129-133.
274. Moore L, Clark DE. The value of trauma registries. *Injury*. 2008;39(6):686-695.
275. Moore L, Lavoie A, Abdous B, et al. Unification of the revised trauma score. *The Journal of trauma*. 2006;61(3):718-722; discussion 722.
276. Moore L, Lavoie A, LeSage N, et al. Statistical validation of the Revised Trauma Score. *The Journal of trauma*. 2006;60(2):305-311.
277. Muhm M, Danko T, Madler C, Winkler H. Präklinische Einschätzung der Verletzungsschwere durch Notärzte : Ansatz zur Beurteilung der Verlässlichkeit (Originalien). *Der Anaesthetist (Berlin. Internet)*. 2011;60(6):534-540.
278. Murray JA, Demetriades D, Berne TV, et al. Prehospital intubation in patients with severe head injury. *The Journal of trauma*. 2000;49(6):1065-1070.
279. Nast-Kolb D, Waydhas C, Kanz KG, Schweiberer L. An algorithm for management of shock in polytrauma. *Der Unfallchirurg*. 1994;97(6):292-302.
280. Nathens AB, Brunet FP, Maier RV. Development of trauma systems and effect on outcomes after injury. *Lancet*. 2004;363(9423):1794-1801.
281. Neugebauer E, Stürmer KM. S3 - Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten Behandlung Stand 07/2011. 2011; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie; http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2011-07.pdf. Accessed 12/12/2013.
282. Neugebauer EA, Waydhas C, Lendemans S, Rixen D, Eikermann M, Pohlemann T. The treatment of patients with severe and multiple traumatic injuries. *Deutsches Arzteblatt international*. 2012;109(6):102-108.
283. Newgard CD, Schmicker RH, Hedges JR, et al. Emergency medical services intervals and survival in trauma: assessment of the "golden hour" in a North American prospective cohort. *Annals of Emergency Medicine*. 2010;55(3):235-246.e234.
284. Nicholl J, Hughes S, Dixon S, Turner J, Yates D. The costs and benefits of paramedic skills in pre-hospital trauma care. *Health technology assessment (Winchester, England)*. 1998;2(17):i-iv, 1-72.
285. Nicholl JP, Brazier JE, Snooks HA. Effects of London helicopter emergency medical service on survival after trauma. *BMJ (Clinical research ed.)*. 1995;311(6999):217-222.
286. Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Bottiger BW, Smith G, European Resuscitation C. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2005;67 Suppl 1(Journal Article):S39-86.
287. Oestern H-J. Versorgung Polytraumatisierter im internationalen Vergleich. *Der Unfallchirurg*. 1999;102(2):80-91.
288. Oestern HJ, Kabus K. Comparison of various trauma score systems. An overview. *Der Unfallchirurg*. 1994;97(4):177-184.
289. Oppe S, De Charro FT. The effect of medical care by a helicopter trauma team on the probability of survival and the quality of life of hospitalised victims. *Accident; Analysis and Prevention*. 2001;33(1):129-138.
290. Orliaguet G, Tartiere S, Lejay M. Prospective in-field evaluation of orotracheal intubation by emergency medical services physicians. *J Europeen des urgencies*. 1997(1):27-32.
291. Osterwalder JJ. Can the "golden hour of shock" safely be extended in blunt polytrauma patients? Prospective cohort study at a level I hospital in eastern Switzerland. *Prehospital and Disaster Medicine*. 2002;17(2):75-80.
292. Osterwalder JJ. Mortality of blunt polytrauma: a comparison between emergency physicians and emergency medical technicians--prospective cohort

- study at a level I hospital in eastern Switzerland. *The Journal of trauma*. 2003;55(2):355-361.
293. Otte D, Pohlemann T, Wiese B, Krettek C. [Changes in the injury pattern of polytraumatized patients over the last 30 years]. *Unfallchirurg*. Jun 2003;106(6):448-455.
294. Paal P, Herff H, Mitterlechner T, et al. Anaesthesia in prehospital emergencies and in the emergency room. *Resuscitation*. 2010;81(2):148-154.
295. Pape H-C, Oestern HJ, Leenen L, et al. Documentation of Blunt Trauma in Europe Survey of the Current Status of Documentation and Appraisal of the Value of Standardization. *European Journal of Trauma*. 2000;26(5):233-247.
296. Pape HC. A new definition of polytrauma - results from a population based data set. 15th European Congress of Trauma and Emergency Surgery; 26/05/2014; Frankfurt.
297. Peters O, Runggaldier DK. *Algorithmen im Rettungsdienst*. 4 ed. München: Elsevier GmbH; 2011.
298. Plevin RE, Evans HL. Helicopter transport: help or hindrance? *Current opinion in critical care*. 2011;17(6):596-600.
299. Pohl-Meuthen U, Koch B, Kuschinsky B. Rettungsdienst in der Europäischen Union. *Notfall + Rettungsmedizin*. 1999(7):442-450.
300. Post GB. Building the Tower of Babel: cross-border urgent medical assistance in Belgium, Germany and The Netherlands. *Prehospital and Disaster Medicine*. 2004;19(3):235-244.
301. Presseportal.De. Massenkarambolage zeigt: strukturierte grenzübergreifende Zusammenarbeit bei Schwerverletztenversorgung rettet Leben. *Presseportal.de - Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU): news aktuell GmbH*; 2011. <http://www.presseportal.de/pm/23901/2157152/massenkarambolage-zeigt-strukturierte-grenzuebergreifende-zusammenarbeit-bei/rss>. 11/12/2013.
302. Probst C, Hildebrand F, Frink M, Mommsen P, Krettek C. Prehospital treatment of severely injured patients in the field: an update. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 2007;78(10):875-884.
303. Regel G, Lobenhoffer P, Lehmann U, Pape H, Pohlemann T, Tscherne H. Ergebnisse in der Behandlung Polytraumatisierter. Eine vergleichende Analyse von 3406 Fällen zwischen 1972 und 1991. *Der Unfallchirurg*. 1993;96(7):350-362.
304. Regel G, Stalp M, Lehmann U, Seekamp A. Prehospital care, importance of early intervention on outcome. *Acta anaesthesiologica Scandinavica. Supplementum*. 1997;110(Journal Article):71-76.
305. Regional Ambulance S. Ambulance care in the Netherlands 2013: HSGB; 2013. http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ambulancezorg.nl%2Fdownload%2Fdownloads%2F1755%2Fambulance-care-in-the-netherlands-2013.pdf&ei=lh-fUsreBarpywObt4D4CQ&usg=AFQjCNFakOSLbpHskfD9hHeb8IFaoMUDXA&sig2=y3EA6smXe2fxiONEy_bJ6Q&bvm=bv.57155469,d.bGQ. 12/12/2013.
306. Riediger G, Sefrin P. *Modellversuch Notfallrettung Unterfranken: Dokumentation. Zur Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit des Rettungsdienstes*. Vol 2. Bonn: Bayern Staatsministerium des Innern, Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V.; 1985.
307. Ringburg AN, Frissen IN, Spanjersberg WR, Jel G, Frankema SP, Schipper IB. Physician-staffed HEMS dispatch in the Netherlands: Adequate deployment or minimal utilization? *Air Medical Journal*. 2005;24(6):248-251.
308. Ringburg AN, Polinder S, Meulman TJ, et al. Cost-effectiveness and quality-of-life analysis of physician-staffed helicopter emergency medical services. *The British journal of surgery*. 2009;96(11):1365-1370.

309. Ringburg AN, Spanjersberg WR, Frankema SP, Steyerberg EW, Patka P, Schipper IB. Helicopter emergency medical services (HEMS): impact on on-scene times. *The Journal of trauma*. 2007;63(2):258-262.
310. Roberts I, Shakur H, Edwards P, Yates D, Sandercock P. Trauma care research and the war on uncertainty. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2005;331(7525):1094-1096.
311. Roberts K, Blethyn K, Foreman M, Bleetman A. Influence of air ambulance doctors on on-scene times, clinical interventions, decision-making and independent paramedic practice. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2009;26(2):128-134.
312. Roorda J, van Beeck EF, Stapert JW, ten Wolde W. Evaluating performance of the Revised Trauma score as a triage instrument in the prehospital setting. *Injury*. 1996;27(3):163-167.
313. Rosch M, Klose T, Leidl R, Gebhard F, Kinzl L, Ebinger T. Cost analysis of the treatment of patients with multiple trauma. *Der Unfallchirurg*. 2000;103(8):632-639.
314. Röse M. *Das schwere Polytrauma mit einem ISS \geq 50 - eine retrospektive Studie zur Epidemiologie und Prognose*. Lübeck, Klinik für Chirurgie der Universität zu Lübeck; 2009.
315. Ross D. *Der Einfluss der primären Rettungszeit auf den posttraumatischen Verlauf polytraumatisierter Patienten: (eine Multizenterstudie anhand polytraumatisierter Patienten mit dominierendem schweren Thoraxtrauma und Femurfraktur)*. Hannover, Medizinische Hochschule Hannover; 2007.
316. Roudsari BS, Nathens AB, Arreola-Risa C, et al. Emergency Medical Service (EMS) systems in developed and developing countries. *Injury*. 2007;38(9):1001-1013.
317. Roudsari BS, Nathens AB, Cameron P, et al. International comparison of prehospital trauma care systems. *Injury*. 2007;38(9):993-1000.
318. Rowell D, Connelly L, Webber J, Tippett V, Thiele D, Schuetz M. What are the true costs of major trauma? *The Journal of trauma*. 2011;70(5):1086-1095.
319. Ruchholtz S, Lefering R, Paffrath T, et al. Reduction in mortality of severely injured patients in Germany. *Deutsches Arzteblatt international*. 2008;105(13):225-231.
320. Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Schweiberer L. [The injury pattern in polytrauma. Value of information regarding accident process in clinical acute management]. *Unfallchirurg*. Sep 1996;99(9):633-641.
321. Ruchholtz S, Waydhas C, Ose C, Lewan U, Nast-Kolb D, Working Group on Multiple Trauma of the German Trauma S. Prehospital intubation in severe thoracic trauma without respiratory insufficiency: a matched-pair analysis based on the Trauma Registry of the German Trauma Society. *The Journal of trauma*. 2002;52(5):879-886.
322. Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D, et al. Improvement in the therapy of multiply injured patients by introduction of clinical management guidelines. *Injury*. 1998;29(2):115-129.
323. Rutledge R. The Injury Severity Score is unable to differentiate between poor care and severe injury. *The Journal of trauma*. 1996;40(6):944-950.
324. Sampalis JS, Lavoie A, Salas M, Nikolis A, Williams JI. Determinants of on-scene time in injured patients treated by physicians at the site. *Prehospital and Disaster Medicine*. 1994;9(3):178-188; discussion 189.
325. Sampalis JS, Lavoie A, Williams JI, Mulder DS, Kalina M. Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients. *The Journal of trauma*. 1993;34(2):252-261.

-
326. Sanson G, Di Bartolomeo S, Nardi G, et al. Road traffic accidents with vehicular entrapment: incidence of major injuries and need for advanced life support. *European journal of emergency medicine : official journal of the European Society for Emergency Medicine*. 1999;6(4):285-291.
327. Sawaia A, Moore FA, Moore EE, et al. Epidemiology of trauma deaths: a reassessment. *The Journal of trauma*. 1995;38(2):185-193.
328. Scheingraber S, Reulen HJ. Praxis präklinischer Versorgung Schädel-Hirn-Traumatisierter. *Notfall & Rettungsmedizin*. 1999;2(2):84-91.
329. Schlechtriemen T, Reeb R, Ensle G, Altemeyer KH. Überprüfung der korrekten Tubuslage in der Notfallmedizin. *Notfall & Rettungsmedizin*. 2004;7(4):231-236.
330. Schlechtriemen T, Schaefer S, Stolpe E, Altemeyer K-H. Praktinische Versorgung von Traumapatienten in der Luftrettung. *Der Unfallchirurg*. 2002;105(11):974-985.
331. Schmidt U, Frame SB, Nerlich ML, et al. On-scene helicopter transport of patients with multiple injuries--comparison of a German and an American system. *The Journal of trauma*. 1992;33(4):548-553; discussion 553-545.
332. Schmiedel R. Einsatzart. In: Straßenwesen Bf, ed. *Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 - Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2008 und 2009*. Bergisch Gladbach: Verlag für neue Wissenschaft GmbH; 2011:28-29.
333. Schulman AM, Claridge JA, Young JS. Young versus old: factors affecting mortality after blunt traumatic injury. *The American Surgeon*. 2002;68(11):942-947; discussion 947-948.
334. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Intrakranielle Blutungen. *Prometheus Lernatlas der Anatomie - Kopf und Neuroanatomie*. 1 ed. Stuttgart: Thieme; 2006:262-263.
335. Schüttler J, Schmitz B, Bartsch C, Fischer M. Untersuchungen zur Effizienz der notärztlichen Therapie bei Patienten mit Schädel-Hirn- bzw. Polytrauma : ein Beitrag zur Qualitätssicherung in der Notfallmedizin. *Der Anaesthesist (Berlin.Print)*. 1995;44(12):850-858.
336. Schweigkofler U, Hoffmann R. Preclinical treatment of multiple trauma : what is important? *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 2013;84(9):739-744.
337. Schwermann T, Pape HC, Grotz M, et al. Einflussfaktoren auf die Überlebenswahrscheinlichkeit beim Polytrauma. *Gesundh ökon Qual manag*. 2003;8(5):285-289.
338. Seekamp A, Tscherne H. Muss der verunfallte Patient vor dem Notarzt geschützt werden? *Der Unfallchirurg*. 1998;101(3):159.
339. Sefrin P, Kuhnigk H. Stellung des Notarztes im Rettungsdienst. *AINS.Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*. 2006;41(1):2-8.
340. Sefrin PDP, Omert P, Kuhnigk H, Zeisel U. Narkose im Rettungsdienst. *Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 1997;34(2):145-152.
341. Sesperez J, Wilson S, Jalaludin B, Seger M, Sugrue M. Trauma case management and clinical pathways: prospective evaluation of their effect on selected patient outcomes in five key trauma conditions. *The Journal of trauma*. 2001;50(4):643-649.
342. Sethi D, Kwan I, Kelly AM, Roberts I, Bunn F. Advanced trauma life support training for ambulance crews. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2001;(2):CD003109.
343. Shatney CH, Homan SJ, Sherck JP, Ho CC. The utility of helicopter transport of trauma patients from the injury scene in an urban trauma system. *The Journal of trauma*. 2002;53(5):817-822.

344. Simon R, Schmidt J, Gohring U, Fritz T, Meeder PJ. Bedeutung der präklinischen Fehleinschätzung des Verletzungsausmaßes für die Prognose von polytraumatisierten Patienten. *Notarzt*. 1999;15(5):105-110.
345. Skogvoll E, Bjelland E, Thorarinnsson B. Helicopter emergency medical service in out-of-hospital cardiac arrest--a 10-year population-based study. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2000;44(8):972-979.
346. Sleat GK, Ardolino AM, Willett KM. Outcome measures in major trauma care: a review of current international trauma registry practice. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2011;28(12):1008-1012.
347. Snooks HA, Nicholl JP, Brazier JE, Lees-Mlanga S. The costs and benefits of helicopter emergency ambulance services in England and Wales. *Journal of public health medicine*. 1996;18(1):67-77.
348. Spaite DW, Tse DJ, Valenzuela TD, et al. The impact of injury severity and prehospital procedures on scene time in victims of major trauma. *Annals of Emergency Medicine*. 1991;20(12):1299-1305.
349. Spanjersberg WR, Ringburg AN, Bergs EA, Krijen P, Schipper IB. Prehospital chest tube thoracostomy: effective treatment or additional trauma? *The Journal of trauma*. 2005;59(1):96-101.
350. Stewart RD, Paris PM, Pelton GH, Garretson D. Effect of varied training techniques on field endotracheal intubation success rates. *Annals of Emergency Medicine*. 1984;13(11):1032-1036.
351. Stieglitz SP, Gnann W, Schachinger U, Maghsudi M, Nerlich M. Telekommunikation in der Unfallchirurgie: Vernetzung medizinischer Versorgungseinrichtungen in Ostbayern. *Der Chirurg (Berlin.Print)*. 1998;69(11):1123-1128.
352. Stocchetti N, Furlan A, Volta F. Hypoxemia and arterial hypotension at the accident scene in head injury. *The Journal of trauma*. 1996;40(5):764-767.
353. Stockinger ZT, McSwain NE, Jr. Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. *The Journal of trauma*. 2004;56(3):531-536.
354. Stürmer KM, Dresing K, Blauth M, et al. Leitlinie Polytrauma. *Akt Traumatologie*. 2001(31):44-54.
355. Sturms LM, Hoogeveen JM, Le Cessie S, et al. Prehospital triage and survival of major trauma patients in a Dutch regional trauma system: relevance of trauma registry. *Langenbeck's archives of surgery / Deutsche Gesellschaft für Chirurgie*. 2006;391(4):343-349.
356. Sullivent EE, Faul M, Wald MM. Reduced mortality in injured adults transported by helicopter emergency medical services. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors*. 2011;15(3):295-302.
357. Tan XX, Clement ND, Frink M, Hildebrand F, Krettek C, Probst C. Pre-hospital trauma care: A comparison of two healthcare systems. *Indian journal of critical care medicine : peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*. 2012;16(1):22-27.
358. Taylor CB, Stevenson M, Jan S, Middleton PM, Fitzharris M, Myburgh JA. A systematic review of the costs and benefits of helicopter emergency medical services. *Injury*. 2010;41(1):10-20.
359. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*. 1974;2(7872):81-84.
360. ten Duis HJ, van der Werken C. Trauma care systems in The Netherlands. *Injury*. 2003;34(9):722-727.
361. Thomas SH. *How Fast, How High: Transportation Safety for the Patient*. Tulsa, University of Oklahoma School of Community Medicine; 2009.

362. Trunkey DD. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease. Among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. *Scientific American*. 1983;249(2):28-35.
363. Trupka A, Waydhas C, Nast-Kolb D, Schweiberer L. Early intubation in severely injured patients. *European journal of emergency medicine : official journal of the European Society for Emergency Medicine*. 1994;1(1):1-8.
364. Tscherne H, Regel G. Die Gesamtversorgung des polytraumatisierten Patienten. In: Oestern H-J, Probst J, eds. *Unfallchirurgie in Deutschland - Bilanz und Perspektiven*. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1997:217-254.
365. Tscherne HRG. *Unfallchirurgie: Trauma-Management*. 1 ed. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag; 1997.
366. Ummenhofer W, Scheidegger D. Role of the physician in prehospital management of trauma: European perspective. *Current opinion in critical care*. 2002;8(6):559-565.
367. Unertl K, Kottler BM. Prognostic scores in intensive care. *Der Anaesthetist*. 1997;46(6):471-480.
368. Uranus S, Lennquist S. Trauma management and education in europe: a survey of twelve geographically and socioeconomically diverse European countries. *The European journal of surgery = Acta chirurgica*. 2002;168(12):730-735.
369. van der Velden MW, Ringburg AN, Bergs EA, Steyerberg EW, Patka P, Schipper IB. Prehospital interventions: time wasted or time saved? An observational cohort study of management in initial trauma care. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2008;25(7):444-449.
370. von Elm E, Schoettker P, Henzi I, Osterwalder J, Walder B. Pre-hospital tracheal intubation in patients with traumatic brain injury: systematic review of current evidence. *British journal of anaesthesia*. 2009;103(3):371-386.
371. Wang HE, Cook LJ, Chang CC, Yealy DM, Lave JR. Outcomes after out-of-hospital endotracheal intubation errors. *Resuscitation*. 2009;80(1):50-55.
372. Wang HE, Peitzman AB, Cassidy LD, Adelson PD, Yealy DM. Out-of-hospital endotracheal intubation and outcome after traumatic brain injury. *Annals of Emergency Medicine*. 2004;44(5):439-450.
373. Waydhas C, Kanz KG, Ruchholtz S, Nast-Kolb D. Algorithms in the early management of severely injured patients. *Der Unfallchirurg*. 1997;100(11):913-921.
374. Waydhas C, Nast-Kolb D, Trupka A, et al. Trauma scores: reproducibility and reliability. *Der Unfallchirurg*. 1992;95(2):67-70.
375. Wegner A, Hußmann B, Burggraf M, Jäger M, Lendemans S. Einfluss der Fachdisziplin des erstbehandelnden Notarztes auf das präklinische Management von Mehrfachverletzten- Eine Auswertung von 198 Schwerstverletzten eines überregionalen Traumazentrums *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2013)*. Berlin: German Medical Science GMS Publishing House; 2013. <http://www.egms.de/static/de/meetings/dkou2013/13dkou311.shtml>.
376. Weldon CB, Silberfein E, Chehardy PL, McSwain NE, Jr. ATLS training: a novel approach. *Bulletin of the American College of Surgeons*. 2002;87(4):15-19.
377. Wendt KW. Das Traumanetzwerk der Niederlande. *Unfallchirurg*. 2008;111(4):277-279.
378. Westhoff J, Hildebrand F, Grotz M, Richter M, Pape HC, Krettek C. Trauma care in Germany. *Injury*. 2003;34(9):674-683.

379. Winchell RJ, Hoyt DB. Endotracheal intubation in the field improves survival in patients with severe head injury. Trauma Research and Education Foundation of San Diego. *Archives of surgery (Chicago, Ill.: 1960)*. 1997;132(6):592-597.
380. Wolfl CG, Gliwitzky B, Wentzensen A. Standardised primary care of multiple trauma patients. Prehospital Trauma Life Support und Advanced Trauma Life Support. *Der Unfallchirurg*. 2009;112(10):846-853.
381. Wulterkens D. EMS in The Netherlands: A Dutch Treat? 2007; JEMS; <http://www.jems.com/article/operations-protocols/ems-netherlands-dutch-treat#comments>. Accessed 12/12/2013.
382. Yeguiayan JM, Garrigue D, Binquet C, et al. Medical pre-hospital management reduces mortality in severe blunt trauma: a prospective epidemiological study. *Critical Care (London, England)*. 2011;15(1):R34.
383. Zeckey C, Hildebrand F, Pape HC, et al. Head injury in polytrauma-Is there an effect on outcome more than 10 years after the injury? *Brain injury : [BI]*. 2011;25(6):551-559.
384. Zeckey C, Hildebrand F, Probst C, Krettek C. Trauma care systems in Germany, USA and Australia. An international comparison. *Der Unfallchirurg*. 2010;113(9):771-774, 776-777.
385. Zettl RP, Taeger G, Kühne CA, Nast-Kolb D, Ruchholtz S. Langzeitergebnisse nach Polytrauma im fortgeschrittenem Alter: ein ernüchtendes Resultat. 2004; Deutsche Gesellschaft für Chirurgie; <http://www.egms.de/static/en/meetings/dgch2004/04dgch059.shtml>. Accessed 12/12/2013.
386. Zink BJ. Traumatic brain injury outcome: concepts for emergency care. *Annals of Emergency Medicine*. 2001;37(3):318-332.
387. Zink W, Volkl A, Martin E, Gries A. Invasive emergency techniques (INTECH). A training concept in emergency medicine. *Der Anaesthesist*. 2002;51(10):853-862.
388. Zoltie N, de Dombal FT. The hit and miss of ISS and TRISS. Yorkshire Trauma Audit Group. *BMJ (Clinical research ed.)*. 1993;307(6909):906-909.
389. Zuercher M, Ummenhofer W, Baltussen A, Walder B. The use of Glasgow Coma Scale in injury assessment: a critical review. *Brain injury : [BI]*. 2009;23(5):371-384.

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Präklinischer Polytrauma Algorithmus Teil 1 ²¹⁹	9
Abb. 2: Präklinischer Polytrauma Algorithmus Teil 2 ²¹⁹	10
Abb. 3: Clinomobil ³⁶	13
Abb. 4: Schema der Rettungskette nach Gorgaß und Ahnefeld ¹⁸⁶	15
Abb. 5: MMT Fahrzeug ³⁴	30
Abb. 6: Einsatzradius, den die in den Niederlanden und der Grenzregion stationierten RTH binnen 15 bzw. 30 Minuten erreichen können. ³¹	32
Abb. 7: Anzahl der Unfälle mit Todesfolge in den Jahren 2007, 2008 und 2009.....	40
Abb. 8: Geschlechterverteilung	41
Abb. 9: Altersverteilung	42
Abb. 10: Verteilung des Unfallmechanismus, der zu dem Polytrauma führte.....	43
Abb. 11: Verletzungsart.....	44
Abb. 12: Tageszeitliche Unterschiede der Unfallereignisse.....	45
Abb. 13: Dauer eines Einsatzes in Minuten	46
Abb. 14: Verweildauer am Unfallort in Minuten.....	47
Abb. 15: Transportzeit in Minuten.....	48
Abb. 16: Zur Rettung eingesetztes Transportmittel	49
Abb. 17: Häufigkeit eines Arzteinsatzes am Unfallort	50
Abb. 18: Verletzungen der Körperregionen, die einen AIS ≥ 4 (schwere, kritische, letale Verletzungen) aufwiesen	51
Abb. 19: Verletzungen der Körperregionen, die einen AIS ≤ 3 (leichte, mäßige, ernste Verletzungen) aufwiesen.....	52
Abb. 20: Injury Severity Score	53
Abb. 21: ISS der Patienten, die innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall verstarben.....	54
Abb. 22: ISS der Patienten, die später als 24 Stunden nach dem Unfall verstarben..	55

Abb. 23: GCS am Unfallort erhoben.....	56
Abb. 24: GCS im Schockraum erhoben.....	57
Abb. 25: Glasgow Coma Scale am Unfallort (Gruppeneinteilung)	58
Abb. 26: Glasgow Coma Scale im Schockraum (Gruppeneinteilung)	59
Abb. 27: RTS am Unfallort	60
Abb. 28: RTS im Schockraum	61
Abb. 29: Prognostizierte Überlebenswahrscheinlichkeit mittels TRISS-Formel.....	62
Abb. 30: Anteil der am Ende der Schockraumbehandlung intubierten Patienten	64
Abb. 31: Todeszeitpunkt	65

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Indikationskatalog der Bundesärztekammer für den Notarzteinsatz unter Bezug auf den Patientenzustand (Stand: 22.02.2013) ¹⁰³	16
Tab. 2:	Indikationskatalog der Bundesärztekammer für den Notarzteinsatz – notfallbezogene Indikation (Stand: 22.02.2013) ¹⁰³	17
Tab. 3:	Bearbeitete Darstellung der Abbreviated Injury Scale nach Baker <i>et al.</i> ⁶⁸ ...	36
Tab. 4:	Bearbeitete Darstellung der Glasgow Coma Scale nach Teasdale <i>et al.</i> ³⁵⁹ .	37
Tab. 5:	Gruppierung der Variablen zur Berechnung des RTS nach Champion <i>et al.</i> ¹¹⁷	38
Tab. 6:	TRISS Gewichtungskoeffizienten (aus Major Trauma outcome study ¹¹³ modifiziert nach Champion in Trauma Scoring ¹¹²)	38
Tab. 7:	Bei kategorialen Variablen wurde der prozentuale Anteil und die Fallzahl (in Klammer), bei stetigen Variablen der Mittelwert, Median (in eckigen Klammern) und Standardabweichung (in Klammern) angegeben.	66

Anhang

I. Einsatzprotokolle

I.I. Schockraumprotokoll Münster



Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und
Wiederherstellungschirurgie

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Michael J. Raschke -



Westfälische
Wilhelms-Universität
Münster

Schockraumprotokoll

S: Stammdaten, Unfall-Anamnese			
Name, Vorname		Geb.:	M <input type="checkbox"/>
Adresse		Fallnr (UKM):	W <input type="checkbox"/>
Ursache: Unfall <input type="checkbox"/>		Index: D48149.____07	
V.a. Gewaltverbrechen <input type="checkbox"/>		Unfalldatum:	
V.a. Suizid <input type="checkbox"/>		Unfalluhrzeit:	
Andere _____ <input type="checkbox"/>		Arbeitsunfall: <input type="checkbox"/>	
Trauma: stumpf <input type="checkbox"/>		Unfallort:	
Penetrierend <input type="checkbox"/>		Hergang: Verkehr: KFZ-Insasse <input type="checkbox"/>	
Alkoholeinfluss <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		Motorradfahrer <input type="checkbox"/> Helm <input type="checkbox"/>	
Drogeneinfluss <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		Fahrradfahrer <input type="checkbox"/> Helm <input type="checkbox"/>	
		Fußgänger <input type="checkbox"/>	
		Sturz: > 3m Höhe <input type="checkbox"/>	
		< 3m Höhe <input type="checkbox"/>	
		Sonstiges: _____ <input type="checkbox"/>	
Zuverlegung aus anderer Klinik: nein <input type="checkbox"/>		Zeitpunkt A ja <input type="checkbox"/>	
Klinik: _____		Aufnahmedatum dort: _____	
		Uhrzeit: _____	
Anamnese:			
Zeitpunkt A: Präklinik (Erstbefund, Therapie)			
Alarm: _____ Uhr		Abfahrt vom Unfallort: _____ Uhr	
		Eintreffen des Notarztes im SR: _____ Uhr	
Rettungsmittel: <input type="checkbox"/> RTH <input type="checkbox"/> NAW/NEF <input type="checkbox"/> RTW		NACA-Index (I-VII): <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> VI <input type="checkbox"/> VII	
Leitstelle: _____		Therapie	
Fax Notarzt: _____		Kristalloide: _____ ml	
Brief an Notarzt: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein		Kolloide: _____ ml	
Vitalparameter am Unfallort:		Hyperonkotische/ Hyperosmolare Lösungen: _____ ml	
RRsys _____ mm Hg		Verletzungen (Verdachtsdiagnosen NA):	
HF _____ /min		Keine leicht mittel schwer	
AF _____ /min		SHT <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
SpO ₂ _____ %		Gesicht <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
GCS _____ Punkte		Thorax <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Abdomen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Wirbelsäule <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Becken <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Obere Extr. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Untere Extr. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		Weichteile <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Pupillengröße:	Lichtreaktion:	Intubation nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
re li	re li	Analosedierung nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
eng <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	prompt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Herzdruckmassage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
mittel <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	träge <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Katecholamine nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
weit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Cervikalstütze nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
		Thoraxdrainage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
		Zugänge: <input type="checkbox"/> peripher Anzahl _____	
		<input type="checkbox"/> zentral Anzahl _____	
		<input type="checkbox"/> keine	

Zeitpunkt B: Schockraum (Aufnahmebefund, Primärdiagnostik, Therapie)		Index: Name: _____	Geburtsdatum: _____																					
Eintreffen: Datum _____ Uhrzeit ____:____ Uhr		Angehörige benachrichtigt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																						
Schockraumteam: <input type="checkbox"/> UCH _____ <input type="checkbox"/> Sr./Pfl. _____ <input type="checkbox"/> ACH _____ <input type="checkbox"/> MKG _____ <input type="checkbox"/> Anäst. _____ <input type="checkbox"/> HNO _____ <input type="checkbox"/> NCH _____ <input type="checkbox"/> Augen _____ <input type="checkbox"/> Radio _____ <input type="checkbox"/> sonst. _____		Vorerkrankungen / -medikation <input type="checkbox"/> nicht eruiert <input type="checkbox"/> _____ Tetanusschutz <input type="checkbox"/> besteht <input type="checkbox"/> T&T im SR																						
Vitalparameter + Atmung RRsys _____ mm Hg HF _____ /min AF (spontan) _____ /min SpO ₂ _____ % Bereits bei Ankunft intubiert? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein - wenn ja FiO ₂ _____ PaO ₂ _____ mm HG ETC O ₂ _____ mm HG Tubuslage korrekt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		Diagnostik bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station Sono Abd. <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr Rö.- Thorax <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr Rö.- Becken <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr Rö.- WS (excl. HWS) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr Rö.- HWS <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr Rö.- Extremitäten <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CCT <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CT-Ganzkörper <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CT-Thorax <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CT-Abdomen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CT-Becken <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CT- HWS <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr CT- GWS <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein _____ Uhr																						
Glasgow Coma Scale <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:33%;">Augenöffnung</th> <th style="width:33%;">Verbale Antwort</th> <th style="width:33%;">Motorische Antwort</th> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> spontan (4)</td> <td><input type="checkbox"/> orientiert (5)</td> <td><input type="checkbox"/> Aufforderung (6)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aufforderung (3)</td> <td><input type="checkbox"/> verwirrt (4)</td> <td><input type="checkbox"/> gezielt (5)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Schmerz (2)</td> <td><input type="checkbox"/> inadäquat (3)</td> <td><input type="checkbox"/> ungezielt (4)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> keine (1)</td> <td><input type="checkbox"/> unverständlich (2)</td> <td><input type="checkbox"/> Beugekrämpfe (3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> keine (1)</td> <td><input type="checkbox"/> Streckkrämpfe (2)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> keine (1)</td> </tr> </table>		Augenöffnung	Verbale Antwort	Motorische Antwort	<input type="checkbox"/> spontan (4)	<input type="checkbox"/> orientiert (5)	<input type="checkbox"/> Aufforderung (6)	<input type="checkbox"/> Aufforderung (3)	<input type="checkbox"/> verwirrt (4)	<input type="checkbox"/> gezielt (5)	<input type="checkbox"/> Schmerz (2)	<input type="checkbox"/> inadäquat (3)	<input type="checkbox"/> ungezielt (4)	<input type="checkbox"/> keine (1)	<input type="checkbox"/> unverständlich (2)	<input type="checkbox"/> Beugekrämpfe (3)		<input type="checkbox"/> keine (1)	<input type="checkbox"/> Streckkrämpfe (2)			<input type="checkbox"/> keine (1)	Labor bei Aufnahme Hb _____ g/dl pH _____ Thrombozyten _____ Tsd/µl BE [+/-] [] _____ mmol/l TPZ (Quick) _____ % Laktat _____ mmol/l PTT _____ sec. Temperatur _____ °C CK _____ U/l	
Augenöffnung	Verbale Antwort	Motorische Antwort																						
<input type="checkbox"/> spontan (4)	<input type="checkbox"/> orientiert (5)	<input type="checkbox"/> Aufforderung (6)																						
<input type="checkbox"/> Aufforderung (3)	<input type="checkbox"/> verwirrt (4)	<input type="checkbox"/> gezielt (5)																						
<input type="checkbox"/> Schmerz (2)	<input type="checkbox"/> inadäquat (3)	<input type="checkbox"/> ungezielt (4)																						
<input type="checkbox"/> keine (1)	<input type="checkbox"/> unverständlich (2)	<input type="checkbox"/> Beugekrämpfe (3)																						
	<input type="checkbox"/> keine (1)	<input type="checkbox"/> Streckkrämpfe (2)																						
		<input type="checkbox"/> keine (1)																						
GCS = _____		AIS ___ Kopf ___ Gesicht ___ Thorax ___ Abdomen ___ Extremitäten ___ Körperbedeckung																						
Pupillengröße: re li eng <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> weit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Lichtreaktion: re li prompt <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> träge <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Verlauf bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station Schlechtestes Hb _____ g/dl Schlechtestes Quick _____ % Schlechtestes BE [+/-] [] _____ mmol/l																						
Weiterversorgung SR-Diagnostik regulär beendet? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein -wenn ja: Weiterverlegung: Früh-OP <input type="checkbox"/> ICU <input type="checkbox"/> andere(s) <input type="checkbox"/> Uhrzeit: ____:____ Uhr		Verlauf bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station Kristalloide _____ ml Kolloide _____ ml Hyperonk./Hyperosmol. Lsg. _____ ml Blut _____ EKs FFP /Frischplasma _____ Einheiten Thrombozyten _____ Einheiten Intubation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Herzdruckmassage <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Katecholamine <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Thoraxdrainage <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Beckenzwinge <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Embolisation <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Akute externe Frakturstabilisierung <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein (außerhalb des OP)																						
-wenn nein: Abbruch wegen: Not-OP <input type="checkbox"/> Sonstiges <input type="checkbox"/> Uhrzeit: ____:____ Uhr Kompletzierung der Diagnostik vor ICU? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		+ ISS ISS: Summe der Quadrate der drei schwersten AIS Punkte. AIS: 1 leicht, 2 mäßig, 3 ernst, 4 schwer, 5 kritisch, 6 max. Verletzung (letal)																						
PTS ¹ : ___(S)+ ___(E)+ ___(A)+ ___(ABD)+ ___(T)+ ___(B)+ ___(BD)+ ___(Q) = _____ (PTS)		Hämostase-Therapie rFVIIa? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein wenn ja: Anzahl der Gaben _____ Gesamtdosis _____ mg Anzahl der EK vor Gabe _____ Datum/ Uhrzeit der ersten Gabe: _____ um ____:____ Uhr PPSB <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Antifibrinolytika <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Fibrinogen <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Andere hämost. _____																						
Die grau unterlegten Felder sind zwingend für das DGU – Traumaregister auszufüllen (www.traumaregister.org). Trauma-Hotline UKM: 0173-8616112 Eine Legende zu den einzelnen Scores findet sich auf Seite 4		Harnableitung <input type="checkbox"/> DK <input type="checkbox"/> SPF _____ (Hdz) <input type="checkbox"/> keine Urin: <input type="checkbox"/> klar <input type="checkbox"/> blutig																						

II. Lebenslauf

